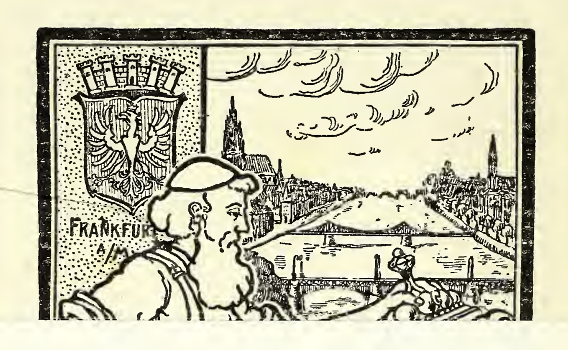



FRANKFUR
A/M



# DIE

# VERARBEITUNG DER METALLE

AUF

# MECHANISCHEM WEGE.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

DIE

# VERARBEITUNG DER METALLE

AUF

# MECHANISCHEM WEGE.

---

LEHRBUCH

DER

MECHANISCH-METALLURGISCHEN

TECHNOLOGIE

VON

A. LEDEBUR,
Professor an der Königlichen Bergakademie zu Freiberg in Sachsen.

---

MIT 652 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

---

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1879.

# VORWORT.

Häufig schreibt der Autor sein „Vorwort", wenn er sein Manuscript vollendet vor sich sieht, und nun noch einmal einen Blick zurückwirft auf das Ergebniss seiner Mühe und Arbeit.

Wenn ich, abweichend hiervon, schon der ersten Lieferung des von mir bearbeiteten Buches ein Vorwort beizufügen mir gestatte, so geschieht es, weil ich auch in anderer Hinsicht von einem bisher befolgten Gebrauche abgewichen bin und das Gefühl hege, dass ein solches Vorgehen vielleicht einiger Rechtfertigung bedürfen könnte.

Zum ersten Male meines Wissens erscheint in den nachfolgenden Blättern ein Theil der gesammten mechanischen Technologie, die mechanische Verarbeitung der Metalle, als selbstständiges Ganze behandelt. Wenn auch die erste Anregung zu dem Entschlusse, eine derartige Bearbeitung zu unternehmen, durch den Umstand hervorgerufen wurde, dass von mir an hiesiger königlicher Bergakademie — wie es dem Zwecke einer solchen Anstalt entspricht — nur der metallurgische Theil der mechanischen Technologie vorgetragen wird, so kamen doch auch manche andere Erwägungen hinzu, bis der erste Gedanke zur Ausführung reifen konnte.

Bei den verschiedenen Lebenszielen, welche den auf polytechnischen Hochschulen und Lehranstalten Studirenden vorgesteckt sind, dürften in den meisten Fällen die Vorträge über mechanische Technologie an diesen Lehranstalten vorzugsweise darauf berechnet sein, in encyclopädischer Weise dem Hörer einen allgemeinen Ueberblick

über das gesammte Gebiet der mechanischen Technologie zu geben; selten wird es möglich sein, zu Gunsten dieser oder jener Fachwissenschaft einen oder den andern Zweig der mechanischen Technologie besonders zu bevorzugen.

Unter jenen Studirenden ist aber eine grosse Zahl, für welche die Verarbeitung der Metalle später den eigentlichen Lebenslauf bilden soll; die Maschinenbauingenieure, die Hüttenleute und alle Diejenigen, welche wieder durch ihre Lebensverhältnisse auf die dereinstige Leitung ganz bestimmter Zweige des metallurgischen Gewerbes angewiesen sind. Allen diesen jungen Männern dürfte es erwünscht sein, während ihrer Studien oder beim Eintritte in das praktische Leben Gelegenheit zu einem tiefer eingehenden Studium derjenigen Apparate, Processe und Verfahrungsweisen zu finden, mit denen sie sich in ihrer einstigen Berufsthätigkeit vorzugsweise zu beschäftigen haben werden; und vielleicht dürfte der Verfasser durch eine fünfzehnjährige praktische Thätigkeit auf grösseren Werken Deutschlands befähigt worden sein, ab und an eine Erfahrung mittheilen zu können, die sich eben nur im praktischen Leben erwerben lässt.

Aber nicht allein jenen angehenden Praktikern, auch älteren Fachgenossen wird hoffentlich der vorliegende Versuch nicht unwillkommen sein, die Vorgänge und Hülfsmittel bei der mechanischen Verarbeitung der Metalle in einem wissenschaftlichen Gewande der Beschreibung zu unterziehen. Weiss ich doch aus eigenster Erfahrung, welche Anregung man sowohl im praktischen Leben wie im Lehrfache in dem Verkehre mit Fachgenossen findet, selbst dann, oder vielleicht gerade dann, wenn hier und da Meinungsverschiedenheiten auftreten sollten, sobald sie nur einer wissenschaftlichen oder doch auf Erfahrung beruhenden Unterlage nicht entbehren.

Dass solche Meinungsverschiedenheiten zwischen manchen von mir ausgesprochenen Ansichten und denen anderer Berufsgenossen nicht ausbleiben werden, ja dass selbst hier und da ein kleiner Irrthum sich einschleichen dürfte, ist bei dem weiten Umfange des behandelten Gebiets wohl unausbleiblich. Einer objectiven Darlegung von Meinungsverschiedenheiten werde ich daher überall gern begegnen, und dankbar werde ich jede Berichtigung eines wirklichen Irrthums entgegen nehmen.

Es sei noch eine Bemerkung über die gewählte Anordnung des Stoffes gestattet, welche mir lange Bedenken verursachte.

Niemand, der Interesse für die technologische Wissenschaft besitzt, hat wohl in jüngster Zeit Exner's geistreiche Vorschläge für ein System der vergleichenden mechanischen Technologie in Dingler's polytechnischem Journal und in Hartig's Civilingenieur unbeachtet gelassen. Dennoch sind, wie jeder Lehrer der Technologie bestätigen wird, der Schwierigkeiten nicht wenige, wenn es sich darum handelt, in jener von Exner angestrebten ideellen Weise die Verallgemeinerung des Stoffes durchzuführen, selbst wenn, wie in dem vorliegenden Falle, nur die Besprechung der Verarbeitung einer einzigen Gruppe von Rohstoffen vorliegt.

Anders erstrebt Hoyer in seinem noch im Erscheinen begriffenen Lehrbuche der mechanischen Technologie die Verallgemeinerung der Darstellung, indem er die Eigenschaften der Stoffe allein als Grundlage des Systems benutzt.

Ich glaubte, besonders in Rücksicht auf die Anschauungen des Praktikers, weder dem einen noch dem andern dieser Systeme unbedingt beitreten zu sollen, sondern befugt zu sein, unbeschadet der Deutlichkeit der Darstellung, dem üblichen Verlaufe der Arbeiten in den metallurgischen Werkstätten wenigstens so weit Rechnung zu tragen, dass ich nach Karmarsch's Vorgange die erste rohe Formgebung von der weitern Verarbeitung schied, auch, wie es früher allgemein üblich war, die Beschreibung des Arbeitsverfahrens thunlichst mit der Beschreibung des betreffenden Apparats verband — die Beschreibung des Cupolofenschmelzens mit der Beschreibung des Ofens u. s. f. —; strebte im Uebrigen aber danach, durch Gegenüberstellung und Vergleichung der verschiedenen für gleichen Zweck dienenden Mittel dem von Exner und Hoyer angestrebten Ziele mich nach Möglichkeit zu nähern.

Wenn ich auch diejenigen Hülfsmittel mit in den Bereich der Besprechung zog, welche in den metallurgischen Werkstätten zum Heben und Transportiren, wie zur Erzeugung von Gebläsewind benutzt werden, so hoffe ich, dadurch besonders Manchem meiner jüngeren Leser einen Dienst erzeigt zu haben.

So sende ich denn die nachfolgenden Blätter mit dem Wunsche in die Oeffentlichkeit: möchten sie sowohl bei den Freunden des

Verfassers, die schon zum Theile ihn in gütigster Weise mit Rath und That unterstützten, als auch bei Fernstehenden eine freundliche und nachsichtige Beurtheilung finden; möchten sie aber auch geeignet sein, sich und dem Verfasser recht viele neue Freunde zu erwerben.

Freiberg, im Juli 1877.

A. Ledebur.

# INHALTSVERZEICHNISS.

Zweiter Abschnitt.

## Die rohe Formgebung.

*

Seite

Dritter Abschnitt.

## Die Vollendung der Form.

Vierter Abschnitt.

## Die Arbeiten zur Verschönerung und Erhaltung.

## Zweiter Theil.

## Beispiele aus der speciellen Technologie.



---

# EINLEITUNG.

Als die Eltern des Menschengeschlechts der biblischen Ueberlieferung zufolge aus dem Paradiese vertrieben wurden, entstand in Folge der Drohung: „im Schweisse des Angesichts sollst du dein Brot essen“ der erste Anfang unseres Culturlebens. Die Nothwendigkeit, durch Arbeit das Leben zu fristen, durch Kampf dieses Leben gegen fremde Angriffe zu vertheidigen; endlich der jedem Menschen eingepflanzte Trieb, durch Aeusserlichkeiten auch das Leben zu verschönern, liessen den Menschen nach Hilfsmitteln sich umschauen, jenen Erfordernissen zu genügen; und er fand als eines der werthvollsten Hilfsmittel dafür das Metall.

Dank dem Umstande, dass einzelne Metalle sich gediegen in der Natur vorfinden, ist die Verarbeitung der Metalle zu Geräthen aller Art älter als die Abscheidung derselben aus den Erzen.

So finden wir nicht nur in der Bibel, sondern in den Ueberlieferungen der meisten Völker Spuren von ihrer Bekanntschaft mit den Metallen bis in die älteste Sagenzeit hinaufreichend. Hesiod nennt das älteste Zeitalter der Menschheit das goldene, zwar bildlich, immerhin aber andeutend, dass er die Bekanntschaft der ersten Menschen mit dem Golde voraussetze. Ebenso Ovid und Andere.

Viel später noch fand man Spuren, dass vor dem Zeitalter der Metalle noch ein älteres Zeitalter der Menschheit dagewesen sei und nannte es die Steinperiode. Die Seltenheit gediegen vorkommender Metalle zwangen zur Verarbeitung roherer Naturproducte für Gegenstände häuslicher und kriegerischer Verwendung. Ueberlieferungen aus dieser Zeit aber haben wir nicht.

Wir finden, dass die Cultur der Völker und die Anwendung der Metalle Hand in Hand ging. Beides blühte rasch empor, als man gelernt hatte, aus Erzen Metalle abzuscheiden. Mehr und mehr wurden

die Metalle unentbehrlich. Ihre Benutzung liess hundert andere Zweige der Gewerbthätigkeit emporblühen. Diese Benutzung bildet einen der Haupttragpfeiler unserer jetzigen Cultur und die Verarbeitung der Metalle eine der wichtigsten Triebfedern im Gange des alltäglichen Lebens.

Die Lehre von der Verarbeitung der Rohmetalle auf mechanischem Wege zu fertigen Gegenständen des Gebrauchs bildet den Gegenstand des vorliegenden Buches. Wir nennen diese Lehre mechanisch-metallurgische Technologie. Sie umfasst einen wichtigen Theil der gesammten mechanischen Technologie, welche neben der Verarbeitung der Metalle auch die Darstellung von Gegenständen aus Holz und Stein, Anfertigung von Geweben, von Papier u. s. w., überhaupt die mechanische Verarbeitung sogenannter Rohstoffe zu Gegenständen des menschlichen Gebrauchs beschreibt. Neben der mechanischen steht die chemische Technologie, die gewerbsmässigen Darstellungsmethoden von Gebrauchsgegenständen auf chemischem Wege umfassend.

Nur ein verschwindend kleiner Theil aller verarbeiteten Metalle wird gediegen in der Natur gefunden. Der überwiegend grösste Theil derselben geht als Rohproduct aus der Hand des Hüttenmannes hervor, welcher sie durch eine Reihe mehr oder minder einfacher chemischer Processe aus den Erzen abscheidet. Die Lehre von dieser Darstellung der Rohmetalle aus den Erzen nennt man die Metallurgie, und wenn sie neben den theoretischen Erörterungen auch den praktischen Vorkommnissen gebührende Berücksichtigung schenkt, Hüttenkunde.

In gewissem Sinne bildet also die Hüttenkunde einen Theil der chemischen wie auch der mechanischen Technologie, wird jedoch ihrer Wichtigkeit und ihres Umfangs halber meistens als selbstständiges Ganze behandelt.

Die mechanisch-metallurgische Technologie im engern Sinne beginnt da, wo die Hüttenkunde aufhört. Aus der Hand des Hüttenmannes geht das Metall als formloser Barren oder Block hervor; es bildet so das Material, den Rohstoff, für die Verarbeitung zu fertigen Gebrauchsgegenständen in einer Reihe von Verfahrungsweisen, deren Beschreibung die mechanisch-metallurgische Technologie umfasst.

Nicht immer ist jedoch diese Grenze zwischen dem Gebiete der Hüttenkunde und mechanisch-metallurgischen Technologie ganz scharf gekennzeichnet. Das Metall, auch wenn es als solches fertig hergestellt ist, durchläuft in vielen Fällen eine Anzahl von Zwischenstufen, die chemisch und mechanisch seine Beschaffenheit und Form verändern, trotzdem aber wiederum nur ein Material für fernere Verarbeitung liefern. Wenn aus dem Roheisen durch einen hüttenmännischen Process schmiedbares Eisen in rohen Luppen oder Blöcken dargestellt worden ist, pflegt sich an diese Herstellung in unmittelbarer Aufeinanderfolge eine Verarbeitung des rohen Eisens zu Stäben oder Blechen von bestimmter Querschnittsform oder Stärke zu reihen, die meistentheils einer spätern, mannigfachen, weitern Verarbeitung unterliegen, also das Material

für diese Verarbeitung bilden. Es gehört dieser Process, der mit grossartigen mechanischen Hilfsmitteln ausgeführt zu werden pflegt, streng genommen der mechanischen Technologie an und wird demgemäss in Folgendem seine Erwähnung finden. Da aber aus naheliegenden Gründen der Eisenhüttenmann selbst die Verarbeitung seines dargestellten Eisens bis zu diesem Stadium in die Hand zu nehmen pflegt, und da ausserdem auch eine Reinigung des Eisens von fremden Körpern dabei stattfindet, also eine Raffinirung desselben, so ist man gewohnt, die Beschreibung dieser Vorgänge auch in die Eisenhüttenkunde mit aufzunehmen.

Die Gruppirung bei der Beschreibung der sämmtlichen in das Gebiet der Metallverarbeitung und der mechanischen Technologie überhaupt gehörenden Verfahrungsweisen und Apparate kann in zweierlei Weise geschehen.

Man kann ersten s die Gruppirung vornehmen nach der Art der Urstoffe oder der fertigen Producte, ohne Rücksicht zu nehmen auf die gegenseitigen Beziehungen, die etwa zwischen der Benutzung dieses oder jenes Rohmaterials, zwischen dieser oder jener Anfertigungsweise eines und desselben Endproductes bestehen. So z. B. kann man in gesonderten Abschnitten die Verarbeitung des Eisens, des Kupfers, des Bleies, Zinns etc. behandeln; oder auch man kann, um von den Endproducten auszugehen, die Anfertigung von Schmiede- und Schlosserwaaren, von Gusswaaren der verschiedensten Art, Münzen, Nadeln etc. etc. eine an die andere reihen ohne bestimmtes Gesetz oder Aufeinanderfolge. Diese Methode, welche die ältere ist, und auf welcher unser ganzes technologisches Wissen ursprünglich sich aufbaute, nennt man specielle Technologie.

Man kann aber auch zweitens im Wege des Vergleichs alle diejenigen Mittel einander gegenüber stellen, welche zur Erreichung eines und desselben allgemeinen Zieles angewendet werden können, z. B. zur Veränderung der Form der sämmtlichen Rohmetalle durch Schmelzen und Giessen; oder, wie Exner sich ausdrückt, im Wege der Vergleichung die Gesetze der mechanischen Umbildung der Rohstoffe in systematischer Aufeinanderfolge ermitteln und darstellen[1]. Man nennt dieses System allgemeine oder vergleichende Technologie.

Für eine wissenschaftliche Behandlung des Lehrstoffes, für Verleihung eines freien Ueberblicks über das gesammte besprochene Gebiet, für Gewinnung eines sichern Urtheils über die Zweckmässigkeit der Anwendung dieses oder jenes Mittels zur Erreichung desselben Zieles bietet die vergleichende Technologie ausserordentliche Vorzüge gegenüber der speciellen. Während die letztere nur die Bekanntschaft mit ganz bestimmten Zweigen der mechanisch-technischen Gewerbthätigkeit ver-

---

[1] Exner, Ein System der vergleichenden mechanischen Technologie. Dingler's polyt. Journal, Bd. 214, S. 410 ff.

mittelt, giebt uns die vergleichende Technologie die Befähigung, auch in unbekannten Gebieten uns rasch zu orientiren. Daher bildet sie den Hauptttheil des vorliegenden Lehrbuches; und die am Schlusse desselben aus der speciellen Technologie gegebenen Beispiele sollen eben nur für einzelne, besonders wichtige oder durch ihre Anfertigung besonders lehrreiche Gebrauchsgegenstände die nöthigen Ergänzungen liefern.

---

# Erster Theil.

# Allgemeine oder vergleichende Technologie.

---

## Erster Abschnitt.

## Allgemeines.

---

### 1. Die Metalle, ihre Legirungen und metallischen Verbindungen.

Der Begriff des Ausdrucks „Metall“ lässt sich in zweierlei Weise erläutern. Vom Standpunkte des Chemikers bedeutet der Ausdruck Metall einen einfachen Körper (Element), welcher in chemischer Vereinigung mit Sauerstoff vorzugsweise basische Verbindungen bildet, zum Unterschiede von Nichtmetallen oder Metalloiden, welche mit Sauerstoff vorwiegend saure Verbindungen eingehen.

Für den Gewerbtreibenden treten gewöhnlich die physikalischen Eigenschaften der Metalle zur Erläuterung ihres Begriffes mehr in den Vordergrund. Es sind dieses der eigenthümliche Metallglanz, Undurchsichtigkeit, starke Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität. Während man vom chemischen Standpunkte unter „Eisen“ den reinen Stoff begreift, steht der Gewerbtreibende nicht an, diese Benennung beizubehalten, auch wenn die Analyse 10 Proc. und mehr fremde Bestandtheile nachweisen sollte, so lange jene physikalischen Eigenschaften des „Metalls“ gewahrt bleiben [1]).

---

[1]) Spiegeleisen z. B. enthält oft über 25 Proc. fremde, darunter 6 bis 7 Proc. entschieden nichtmetallische Bestandtheile, gehört aber trotzdem im Handel und Gewerbe unter die Classe der Metalle und unter die Benennung „Eisen“.

Alle Körper, welche die Chemie unter die Metalle zählt, lässt auch die Technologie als solche gelten; Antimon und Arsen, welche ihrem chemischen Verhalten nach von manchen Chemikern zu den Metalloiden gezählt werden, fügt man in der Technologie ihrem physikalischen Verhalten und ihrer Verarbeitungsfähigkeit entsprechend gleichfalls den Metallen bei.

Der Metallarbeiter würde nicht wenig erstaunt sein zu hören, dass Antimon kein Metall sei.

Unter den 49 Metallen, welche uns demnach unter Hinzurechnung der beiden letztgenannten Körper die Chemie kennen lehrt, findet sich jedoch nur eine beschränkte Anzahl solcher Metalle, welche sich für eine gewerbsmässige mechanische Verarbeitung zu Gebrauchsgegenständen eignen.

Auch diese Metalle lassen sich wieder in zwei Gruppen sondern:

1. solche Metalle, welche für sich allein, ohne Vereinigung mit einem andern Metalle verarbeitet werden können, nämlich:

   Eisen,
   Kupfer,
   Zink,
   Zinn,
   Blei,
   Silber,
   Gold,
   Aluminium,
   Platin;

2. solche Metalle, die niemals oder doch nur höchst selten für sich allein, wohl aber mit anderen Metallen der ersten Gruppe vereinigt verarbeitet werden.

Hierher gehören als häufig benutzte Metalle:

Antimon,
Wismuth,
Nickel;

als weniger häufig benutzte:

Kadmium,
Mangan,
Wolfram,
Chrom,
Arsen,
Iridium.

Eine solche Vereinigung zweier oder mehrerer Metalle, durch Zusammenschmelzen dargestellt, nennt man eine Legirung.

Die Metalllegirungen bilden gewissermaassen eine Zwischenstufe zwischen chemischer Verbindung und mechanischer Mischung und bieten dadurch dem Chemiker besonderes Interesse. Während es einestheils möglich ist, die meisten Metalle in allen möglichen Gewichtsverhältnissen

zusammenzuschmelzen, zu legiren, finden sich andererseits wieder Vereinigungen der Metalle nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen, krystallisationsfähig, und unter günstigen Umständen mit allen Kennzeichen einer chemischen Verbindung aus einem grössern Metallgemische sich aussondernd.

Wenn man z. B. silberhaltiges Blei schmilzt und langsam erkalten lässt, so scheiden sich allmählig aus der geschmolzenen Masse octaëdrische Krystalle einer silberärmeren Legirung aus, die sich durch Ausschöpfen entfernen lassen, und es hinterbleibt eine silberreichere Legirung im flüssigen Zustande (Pattinson'scher Entsilberungsprocess).

Wenn man gleiche Theile Blei und Zinn zusammenschmilzt und langsam abkühlen lässt, so erstarrt eine bleireichere Verbindung zuerst und es hinterbleibt eine zinnreichere im flüssigen Zustande.

Wenn man Legirungen von Kupfer und Zinn derselben Behandlung aussetzt, so erstarrt eine kupferreichere zuerst und eine zinnreichere bleibt flüssig.

Immerhin finden sich aber auch einige Legirungen nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen, welche dieses Verhalten nicht zeigen; z. B. unter den Kupferzinnlegirungen eine solche nach der Formel $Sn_2Cu_{17}$ zusammengesetzt (Künzel); oder nach Riche die Legirungen $SnCu_3$ und $SnCu_4$. Man nennt derartige Legirungen constante.

Solche Vorkommnisse sind ungemein zahlreich und werden bisweilen zur Ausscheidung bestimmter Legirungen benutzt. Man nennt ein solches Verfahren, eine schwerer schmelzbare Legirung von einer leichter schmelzbaren zu trennen durch langsame Erkaltung oder auch durch vorsichtiges Erwärmen der starren Legirung bis zu einem Punkte, wo nur die leichter schmelzbare sich verflüssigt, Saigern (Sickern, Sichern).

Je allmähliger hierbei die Erkaltung beziehentlich die Erwärmung vor sich geht, desto abweichender pflegt die quantitative Zusammensetzung der neu entstandenen beiden Legirungen zu sein.

Künzel ist der Ansicht, dass zwei Metalle, welche entweder beide leicht oder beide schwer krystallisiren, constante, nicht saigernde Legirungen geben, Metalle, von denen eines leicht, das andere schwer krystallisirt (Kupfer mit Zinn, Kupfer mit Blei) leicht saigernde Legirungen geben [1]), eine Theorie, welche nicht immer Bestätigung finden dürfte.

Auf die Entstehung wirklicher chemischer Verbindungen beim Legiren der Metalle deutet auch die mehrfach beobachtete Temperaturerhöhung im Augenblicke der Vereinigung, die bis zum Erglühen sich steigern kann.

Eine Legirung im weitern Sinne lässt sich also bezeichnen als ein Gemisch chemischer Vereinigungen von Metallen, meistens gelöst im Ueberschusse eines der constituirenden Metalle. Dabei können eine oder mehrere Verbindungen gleichzeitig neben einander vorhanden sein; ebenso kann die Anzahl der legirten Metalle unbegrenzt sein, indem entweder

---

[1]) Künzel, Ueber Bronzelegirungen, Dresden 1875, S. 18.

ein Metall ein anderes in seiner Verbindung substituirt oder auch, indem es selbstständig eine zweite oder dritte Verbindung eingeht, die sich neben der schon vorhandenen löst.

Etwas anders erklärt A. Matthiessen den Begriff einer Legirung[1]). Er nennt Legirung „eine starr gewordene Lösung eines Metalls in einem andern Metall.“ Er theilt die Metalle in zwei Classen; die eine, mit A bezeichnet, enthält Blei, Zinn, Zink, Kadmium, die zweite, B, enthält alle übrigen Metalle. Legirungen aus den Metallen A zeigen physikalische Charaktere, welche das Mittel der beiden Bestandtheile sind; die Eigenschaften der Metalle B dagegen werden durch Zusatz selbst geringer Mengen anderer Metalle so gänzlich verändert, dass die daraus resultirenden Legirungen nur als „starrgewordene Lösungen allotropischer Modificationen der Metalle in einander“ betrachtet werden können.

Wir werden später sehen, dass Matthiessen's Behauptung hinsichtlich der Metalle A auch nur hinsichtlich einiger physikalischen Eigenschaften zutreffend sein kann; andere für die Verarbeitung der Legirungen sehr wichtige Eigenschaften, wie z. B. der Schmelzpunkt, verhalten sich vollständig anders. Es liegt also durchaus kein Grund vor, an Stelle der einfacheren Erklärung des Begriffs Legirung die fernerliegende durch allotropische Modificationen zu setzen.

Für die Verarbeitung der Metalle besitzen die Metalllegirungen eine ungemeine Wichtigkeit. Es zeigt sich nämlich bei der Legirung verschiedener Metalle häufig das überraschende Ergebniss, dass die physikalischen Eigenschaften der entstandenen Legirung — wie bereits angedeutet wurde — erheblich von den Eigenschaften der constituirenden Bestandtheile abweichen. Aus zwei weicheren Metallen kann unter Umständen eine viel härtere Legirung hervorgehen; aus zwei Metallen von hohem Schmelzpunkte eine Legirung von niedrigerem Schmelzpunkte u. s. f. In anderen Fällen wieder, besonders wenn Metalle von sehr abweichenden Eigenschaften vereinigt werden, findet eine Ausgleichung, Abschwächung der Extreme statt. Man ist im Stande, ein sprödes Metall durch Zusatz eines andern in bestimmten Verhältnissen weicher, dehnbarer, ein weiches Metall härter, widerstandsfähiger zu machen.

Es geht aus dieser Eigenthümlichkeit der Legirungen ohne Weiteres hervor, welche wichtige Handhabe die Darstellung derselben für die mechanische Verarbeitung der Metalle bietet. Man ist bei Herstellung eines einzelnen Gegenstandes nicht mehr beschränkt auf die Anwendung eines einzelnen Metalls mit ganz bestimmten Eigenschaften, die oft dem vorliegenden Zwecke keineswegs ganz entsprechen, sondern man hat ein Mittel in der Hand, durch Zusätze anderer Metalle Eigenschaften in der entstandenen Legirung hervorzurufen, wie sie sich theils als förderlich für

[1]) Chemical News 1867, XV, p. 78; daraus in Dingler's polyt. Journ. Bd. 184, S. 241; Polytechnisches Centralblatt Jahrgang 1867, S. 914; Wagner's Jahresbericht Bd. 13 u. A.

die Verarbeitung, theils als zweckmässig für die Benutzung des fertigen Gegenstandes herausgestellt haben.

Daher kommt es, dass auch unter jenen in erster Gruppe aufgeführten Metallen mehrere seltener allein als mit anderen Metallen derselben oder der später erwähnten Gruppe legirt zur Verarbeitung gelangen, z. B. das Zinn, Gold, Silber.

In Folge der grossen Wichtigkeit, welche die Legirungen demnach für die Praxis besitzen, hat man bestimmten vielfach benutzten Legirungen selbstständige Benennungen gegeben, welche die Bestandtheile derselben gar nicht mehr andeuten.

Tombak heisst eine vorzugsweise zu Schmucksachen benutzte Legirung von Kupfer und Zink mit einem Gehalte von höchstens 18 Proc. Zink, öfter bedeutend weniger, daneben als mehr zufällige Beimengungen bisweilen Blei oder Zinn enthaltend, z. B.

| | Kupfer | Zink | Zinn |
|---|---|---|---|
| Französischer Tombak zu Gewehrbeschlägen | 80 | 17 | 3 |
| Tombak von Oker . . . . . . . . . . | 85 | 15 | — |
| Wiener Tombak . . . . . . . . . . | 92 | 8 | — |
| Desgl. rother . . . . . . . . . . . . | 97,8 | 2,2 | — |

Rothguss nennt man dieselbe Legirung, wenn sie — besonders im Maschinenbau — zum Gusse benutzt wird, zu Zapfenlagern und ähnlichen Gegenständen, z. B. 87 Thle. Kupfer, 13 Thle. Zink. Der Unterschied zwischen Tombak und Rothguss beruht also vorwiegend in der Art der Verwendung und man sucht durch bestimmte Gewichtsverhältnisse zwischen Kupfer und Zink eben solche Eigenschaften hervorzurufen, welche der Art und Weise der Verarbeitung zu jener Verwendung entsprechen [1]).

Messing wird eine Legirung aus Kupfer und Zink genannt, wenn deren Zinkgehalt grösser ist, als der des Tombaks. Die meisten Messingsorten enthalten 24 bis höchstens 37 Proc. Zink, häufig geringere Mengen von Zinn und Blei, z. B.

| | Kupfer | Zink | Blei | Zinn |
|---|---|---|---|---|
| Gegossene Uhrräder . . . . | 60,66 | 36,88 | — | 1,35 |
| Gusswaaren aus Iserlohn . . . | 63,70 | 33,50 | 0,30 | 2,50 |
| Französisches Messingblech . . | 64,60 | 33,70 | 1,40 | 0,20 |
| Messingblech von Iserlohn . . | 70,1 | 29,9 | — | — |
| Messingdraht aus Augsburg . | 71,89 | 27,63 | 0,85 | — |

[1]) Der Ausdruck „Rothguss" pflegt überhaupt jede dunkel gefärbte, also kupferreiche Legirung zu bezeichnen, sofern die daraus hergestellten Gegenstände — meistens Maschinentheile — durch Giessen hergestellt sind; häufig enthält der Rothguss grössere Mengen von Zinn, gehört also der Classe der Legirungen an, welche wir Bronzen nennen (siehe unten).

Es verdient Erwähnung, dass das Messing weit früher als das Zink in metallischer Form bekannt war. Während letzteres erst im 15. Jahrhundert selbstständig aus seinen Erzen abgeschieden, im vorigen Jahrhundert aber zuerst gewerbsmässig dargestellt wurde, war das Messing — das Aurichalcum der Römer — schon zu Plinius' Zeiten bekannt und wurde durch einen reducirenden Schmelzprocess von Kupfer mit Zinkerzen gewonnen. Viele Münzen aus der Zeit der römischen Kaiser bestehen aus Messing; z. B.

| | Kupfer | Zink | Zinn | Blei |
|---|---|---|---|---|
| Münze von Tiberius (nach Goebel) | 72,2 | 27,7 | — | — |
| Münze von Nero (nach Klapproth) | 80,1 | 19,9 | 1,1 | — |
| Münze von Augustus (nach Klapproth) . . . . . . . . . | 79,3 | 20,7 | — | — |

Im Handel begegnet man nicht selten Benennungen von Metallwaaren, die im Grunde nichts anderes sind, als schon unter anderen Namen bekannte Legirungen, von den Fabrikanten aber mit neuen Bezeichnungen benannt werden, theils um ein gewisses Gewichtsverhältniss der Bestandtheile und dadurch die aus diesem Gewichtsverhältnisse entspringenden Eigenschaften der Legirung zu kennzeichnen, häufig aber auch, um eine neue Waare mit dem Schleier des Absonderlichen, noch nicht Dagewesenen zu umgeben und ihr dadurch bessern Absatz zu verschaffen. Solche in die Gattung „Messing" oder „Tombak" gehörenden Legirungen sind unter Anderen: Pinchbeak, aus 90 Thln. Kupfer, 10 Thln. Zink; Chrysochalk, aus 90,5 Thln. Kupfer, 7,9 Thln. Zink, 1,6 Thl. Blei; Chrysorin, aus $66^2/_3$ Thln. Kupfer, $33^1/_3$ Thln. Zink; Prinzmetall, aus 75,7 Thln. Kupfer, 24,3 Thln. Zink; Semilor oder Mannheimer Gold, aus 83,7 Thln. Kupfer, 9,3 Thln. Zink, 7 Thln. Zinn; Muntzmetall, in England für Schiffsbeschläge verwendet und von dem Erfinder Muntz aus 60 Thln. Kupfer, 40 Thln. Zink zusammengesetzt; Aichmetall oder Sterrometall, von Aich erfunden und den Analysen zufolge bestehend aus 60 bis 65 Thln. Kupfer, 40 bis 35 Thln. Zink u. a. m.

Auch der bisweilen benutzte Name Composition pflegt irgend eine Messinglegirung zu bezeichnen.

Karmarsch nennt alle Legirungen aus Kupfer und Zink „Gelbkupfer"; häufiger als diese sonst nicht übliche Benennung für das Metall ist für den Verfertiger gegossener Gegenstände aus Kupferzinklegirungen die Bezeichnung „Gelbgiesser" geworden.

Bronze bezeichnet Legirungen aus Kupfer und Zinn (reine Bronze) oder auch aus Kupfer, Zinn und Zink (messingartige Bronze). Daneben finden sich als nicht constituirende Bestandtheile — theils absichtlich zugesetzt, theils unabsichtlich hinzugekommen — geringere oder grössere Mengen von Blei, auch wohl Eisen oder Antimon. Der Zinngehalt steigt selten über 27 Proc. und sinkt für gewisse Zwecke auf 1,5 Proc. Dieser

absichtlich zugesetzte Zinngehalt bedingt die Benennung „Bronze“. Auch im Messing findet sich, wie oben mitgetheilt, nicht selten ein Zinngehalt und es sind daher die Uebergänge zwischen Messing und messingartiger Bronze zahlreich. Besonders enthalten die zum Statuengusse verwendeten Legirungen nicht selten mehr Zink als Zinn, wie sich aus folgender Zusammenstellung der Zusammensetzung älterer und neuerer Statuen ergiebt:

| | Kupfer | Zink | Zinn | Blei | Eisen | Nickel | Antim. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Löwe auf dem Burgplatze in Braunschweig (12. Jahrhundert) . . . | 81,0 | 10,0 | 6,5 | 2,5 | — | — | — |
| Diana im Hofgarten zu München, 1600 gegossen . . . . . | 77,03 | 19,12 | 0,91 | 2,29 | 0,12 | 0,43 | — |
| Mars und Venus in München aus dem Jahre 1585 . . . . . | 94,12 | 0,30 | 4,77 | 0,67 | — | 0,48 | — |
| Grosser Kurfürst in Berlin, 1703 . . . . | 89,09 | 1,64 | 5,82 | 2,62 | 0,13 | 0,11 | 0,60 |
| Bachus im sicilianischen Garten in Sanssouci bei Potsdam 1835 . | 89,34 | 1,63 | 7,50 | 1,21 | 0,18 | — | — |

Als „Normalbronze“ für Statuenguss, ausgezeichnet durch eine Reihe vorzüglicher Eigenschaften zum Gusse, bezeichnet Elster eine Legirung aus

$86\frac{2}{3}$ Thln. Kupfer,
$6\frac{2}{3}$ „ Zinn,
$3\frac{1}{3}$ „ Blei,
$3\frac{1}{3}$ „ Zink.

Reiner ausgeprägt zeigt sich die Zusammensetzung der eigentlichen Bronze im sogenannten Glockenmetall, welches annähernd aus 75 Thln. Kupfer, 25 Thln. Zinn, bis zu 80 Thln. Kupfer, 20 Thln. Zinn zu bestehen pflegt, bisweilen allerdings auch Zink und Blei enthaltend (das Gonggong oder Tamtam der Chinesen besteht aus 80 Thln. Kupfer mit 20 Thln. Zinn)[1]; ferner im Geschützmetall oder Stückgut, durchschnittlich 10 Thle. Zinn auf 90 Thle. Kupfer enthaltend. Zahlreiche Analysen solcher Bronzen sind in Muspratt-Kerl's Chemie, Braunschweig 1868, III. Bd., S. 1123 u. 1134, mitgetheilt.

---

[1]) Ein Silbergehalt der Glocken, welchem Laien noch jetzt bisweilen Einwirkung auf den Klang zuschreiben, ist gänzlich ohne Einfluss und die sehr geringen Mengen von Silber, die überhaupt in älteren Glocken gefunden werden, beweisen, dass auch die alten Giesser diesen Umstand wohl gekannt haben und dass die vielfach dargebrachten frommen Silberspenden wohl in die Tasche derselben, nicht aber in den Schmelzofen geflossen sind.

Unter die Gattung „Bronze“ gehört auch das sogenannte Spiegelmetall, neben ca. 68 Thln. Kupfer hauptsächlich Zinn und häufig einige Procente Arsen enthaltend (Analysen a. a. O. S. 1135).

Der im Alterthume häufig benutzte Ausdruck Erz, Eigenschaftswort ehern, bezeichnet nichts anderes als die heutige Bronze aus Kupfer und Zinn. Antike Waffen enthalten 80 bis 88 Thle. Kupfer, daneben Zinn und bisweilen Blei; antike Statuen 76 bis 95 Thle. Kupfer mit Zinn und Blei; ebenso zusammengesetzt sind antike Bronzemünzen.

Neusilber nennt man Legirungen aus Kupfer, Nickel und Zink. Bisweilen finden sich geringere Mengen von Eisen oder Kadmium. Andere Benennungen des Neusilbers sind Argentan, Alfenide, Alpaka, Christoflemetall.

Das Mengenverhältniss der Metalle unter einander in diesen Legirungen pflegt derartig zu sein, dass sich die Menge des Kupfers zum Zink annähernd wie 8 : 3 verhält; die Menge des Kupfers plus Zink zum Nickel wie 3 : 1 bis 8 : 1. Doch finden sich auch hiervon begreiflicherweise zahlreiche Abweichungen, je nachdem der Fabrikant die eine oder die andere Eigenschaft der Legirung mehr hervortreten lassen oder mehr abschwächen will, z. B.[1]):

| | Kupfer | Zink | Nickel | Eisen | Kadmium |
|---|---|---|---|---|---|
| Englisches Neusilber zu Tischgeräthen . . . | 63,34 | 17,01 | 19,13 | 0,52 | — |
| Wiener desgl. . . . . | 55,6 | 22,2 | 22,2 | — | — |
| Französisches desgl. . . | 50,00 | 31,25 | 18,75 | — | — |
| Desgl. . . | 59,1 | 30,2 | 9,7 | 1,0 | — |
| Desgl. zu Löffeln . . | 69,9 | 5,6 | 19,8 | 4,7 | — |

Aluminiumbronze nennt man eine zu Schmucksachen und technischen Zwecken verwendete Legirung von Aluminium und Kupfer, gewöhnlich 90 bis 97 Thle. Kupfer, 10 bis 3 Thle. Aluminium enthaltend.

Hartblei sind Legirungen von Blei mit Antimon in verschiedenen Verhältnissen mit einem Antimongehalte bis zu 20 Proc., bisweilen unter Zusatz von Zinn, Wismuth, Zink oder Kupfer.

Weissmetall, zu Zapfenlagern benutzt, ist dem Hartblei ähnlich und enthält Zinn und Antimon, oder Zinn, Blei, Antimon, oder Zinn, Antimon, Kupfer. In allen Fällen wiegt das Zinn vor oder ist durch Blei vertreten; der Antimongehalt beträgt höchstens 25 Proc., selten mehr als 12 Proc.

Britanniametall, zu Haus- und Küchengeräthen benutzt, besteht im Wesentlichen aus 85 bis 90 Thln. Zinn mit 15 bis 10 Thln. Antimon, auch wohl geringere Mengen von Kupfer, Zink, Nickel oder Wismuth enthaltend.

---

[1]) Karmarsch, Mechanische Technologie, 5. Ausgabe, Bd. I, S. 58.

Obgleich die Einflüsse, welche die Legirung eines Metalls mit einem andern auf die Eigenschaften beider hervorruft, bereits zahlreichen Versuchen unterworfen worden sind, so von Karsten, Mallet, Riche und Anderen, so sind diese Versuche bei weitem noch nicht ausreichend gewesen, um ein wissenschaftliches System über diese gegenseitigen Einflüsse darauf begründen zu können. Man hat sich bis jetzt im Allgemeinen begnügen müssen, festzustellen, dass Legirungen in den und den Gewichtsverhältnissen die und die Eigenschaften besitzen; man hat auch wohl in einzelnen Fällen ermittelt, wie das Hinzutreten eines dritten Metalls zu einer bekannten Legirung deren Eigenschaften ändert. Erwägt man aber, welche grosse Reihe von Combinationen in dieser Beziehung möglich ist; erwägt man ferner, dass die im Handel vorkommenden Metalle niemals ganz rein sind, so dass man mit scheinbar ganz gleich zusammengesetzten Legirungen ganz abweichende Erfolge erzielen kann; und endlich, dass auf die Eigenschaften der Legirung auch, wie wir später sehen werden, das bei ihrer Herstellung und Prüfung beobachtete Arbeitsverfahren von grossem Einflusse ist, so lässt sich ermessen, wie ungemein schwierig es ist, umfassende systematische Lehrsätze für das gegenseitige Verhalten der Metalle in den Legirungen aufzustellen.

Man wird unter Beobachtung bestimmter Erfahrungsresultate, auf die wir bei Besprechung der Eigenschaften der Metalle und Legirungen vielfach zurückkommen werden, es den Versuchen des Praktikers überlassen müssen, Legirungen zu bilden, welche seinem jedesmaligen Zwecke, seinem Arbeitsverfahren und der chemischen Beschaffenheit der ihm zu Gebote stehenden Handelsmetalle entsprechen.

## Vereinigung der Metalle mit Nichtmetallen.

In ähnlicher Weise, wie mehrere Metalle sich zu Legirungen vereinigen, können auch in einzelnen Fällen Nichtmetalle von den Metallen aufgenommen werden oder sich mit ihnen vereinigen, ohne dass deren Eigenschaft als gewerbliches Metall ihnen dadurch genommen wird. Bisweilen kommen solche fremde Körper zufällig und in geringen Mengen vor, bisweilen aber bilden sie absichtlich zugefügte Bestandtheile des Metalls zu dem Zwecke, die Eigenschaften desselben zu beeinflussen.

In dieser Beziehung bietet das Eisen höchst interessante Erscheinungen. Während Legirungen desselben mit anderen Metallen nur sehr ausnahmsweise Verwendung finden, bildet der Kohlenstoff einen steten und für die Verarbeitungsfähigkeit höchst wichtigen Begleiter des Eisens. Mit der Höhe des Kohlenstoffgehaltes im Eisen ändern sich aber die physikalischen Eigenschaften desselben in auffallender Weise. Bei Besprechung der Eigenschaften der Metalle bezüglich ihrer Verarbeitung werden wir vielfach Gelegenheit haben, auf diesen Umstand zurückzukommen. In Folge dieser durch verschiedenen Kohlenstoffgehalt ver-

schiedenen Eigenschaften des Eisens classificirt man dasselbe unter drei Benennungen:

Schmiedeeisen mit einem Kohlenstoffgehalte von 0,1 bis 0,5 Proc. (durchschnittlich);

Stahl mit einem Kohlenstoffgehalte von 0,5 bis 1,5 Proc. (durchschnittlich);

Roheisen mit einem Kohlenstoffgehalte von 1,5 bis 6 Proc.

Eisensorten mit erheblich höherem Kohlenstoffgehalte als 6 Proc. lassen sich technisch nicht darstellen.

Enthält das Roheisen nur Eisen und Kohlenstoff, so besitzt es Eigenschaften, die es für die Verwendung zu Gebrauchsgegenständen im Allgemeinen unfähig machen. Es ist hart, spröde und wird mit seltenen Ausnahmen nur zur weiteren hüttenmännischen Verarbeitung benutzt. Man nennt es seiner weissen Farbe wegen weisses Roheisen. Nimmt nun aber das Roheisen neben Kohlenstoff noch gewisse Mengen von Silicium auf, so tritt abermals eine höchst wichtige Aenderung in den Eigenschaften desselben ein. Es verliert einestheils die Fähigkeit, jenen Maximalgehalt an Kohlenstoff aufzunehmen und enthält selten mehr davon als 4 Proc.; der aufgenommene Kohlenstoff aber scheidet sich bei allmähliger Erkaltung des erstarrenden Eisens selbstständig aus, lagert sich als Graphit zwischen die Krystallflächen desselben und giebt ihm eine mehr oder weniger dunkele Färbung, in Folge deren man das Eisen graues Roheisen, oder, wenn es zur Verarbeitung durch Giessen bestimmt ist, Gusseisen nennt. Dasselbe hat die Sprödigkeit und Härte des weissen Eisens verloren und bildet ein vorzügliches Material für die mechanische Verarbeitung durch Giessen. Diese Wirkung des Siliciums auf die Eigenschaften des Roheisens kann, wenn das Eisen übrigens rein ist und die Erkaltung langsam vor sich geht, schon durch einen Siliciumgehalt von 0,2 Proc. hervorgerufen werden; sie steigert sich mit zunehmendem Gehalte an Silicium, welches in viel weiteren Grenzen als Kohlenstoff vom Eisen aufgenommen werden kann, obschon die wenigsten Roheisensorten über 2,5 Proc. zu enthalten pflegen. Legirt man nun aber das Roheisen mit Mangan, so wird jener Einfluss des Siliciumgehaltes wieder abgeschwächt und bei reichlichem Mangangehalte kann das Roheisen selbst mit 1 Proc. Silicium noch den Charakter als weisses Roheisen behalten.

Käufliches Kupfer enthält stets gewisse Mengen von Sauerstoff, welche bei dem raffinirten sogenannten hammergaren Kupfer 0,04 bis 0,16 Proc. zu betragen pflegen. Dieser Sauerstoffgehalt tritt jedoch nicht selbstständig als solcher auf, sondern theils mit Kupfer zu Kupferoxydul vereinigt, theils — nach Hampe — an fremde Metalle gebunden, welche, als saure und basische Oxyde unter sich wieder zu Salzen vereinigt, als solche in Kupfer gelöst sind. Solche Salze sind arsensaures und antimonsaures

Wismuthoxyd, Bleioxyd u. a.[1]). Diese Metallsalze beeinträchtigen die Eigenschaften des Kupfers in geringerem Maasse, als wenn sie reducirt werden und als Metalle sich mit dem Kupfer legiren. Schon ein sehr geringer Gehalt derselben macht das Kupfer brüchig, untauglich für die mechanische Verarbeitung. Daher ist ein Sauerstoffgehalt des Handelskupfers wichtig, sobald es jene Bestandtheile enthält; unvermeidlich dabei ist die gleichzeitige Gegenwart von Kupferoxydul neben den oxydirten fremden Metallen.

Eine weitreichende praktische Verwerthung fand die im letzten Jahrzehnt gemachte Entdeckung von den Einflüssen eines geringen Phosphorgehaltes auf die Eigenschaften der Bronze. Obschon die Priorität der Erfindung nicht ganz festgestellt ist, so gebührt doch unstreitig den Herren Montefiore-Levi und Dr. Künzel in Val-Benoit bei Lüttich[2]) das Verdienst, durch eine grosse Anzahl von Versuchen die eigenthümlichen Eigenschaften phosphorhaltiger Bronzen zuerst in wissenschaftlicher Weise ermittelt und an die Oeffentlichkeit gebracht zu haben.

Es sei beiläufig erwähnt, dass sich Phosphorkupfer mit 14 Proc. Phosphor (welcher Gehalt aber beim Umschmelzen nicht constant bleibt) durch Erhitzen im Tiegel von 4 Thln. saurem phosphorsaurem Kalk, 2 Thln. granulirtem Kupfer, 1 Thl. Kohle darstellen lässt; dass Phosphorzinn von constanter Zusammensetzung mit 5,6 Proc. Zinn ($Sn_9P$) durch Schmelzen von Zinn und Phosphor gewonnen werden kann. Der Phosphorgehalt der verarbeiteten „Phosphorbronze“ ist in allen Fällen ein sehr unbedeutender; der Zinngehalt gewöhnlich 8 bis 9 Proc.; z. B.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kupfer . . . . | 90,34 | 90,86 | 94,70 |
| Zinn . . . . . | 8,90 | 8,56 | 4,38 |
| Phosphor. . . . | 0,76 | 0,196 | 0,55 |

Dass ein so geringer Phosphorgehalt nicht im Stande sein kann, direct so tiefgehende Einflüsse auf die Festigkeit und andere Eigenschaften der Bronze hervorzurufen, wie sie in der That nachgewiesen worden sind, ist wohl selbstverständlich. Künzel schreibt wohl mit Recht die Wirkung des Phosphorgehaltes dem Umstande zu, dass der Phosphor reducirend auf vorhandene Oxyde wirke. Wie das Kupfer Kupferoxydul enthält, so enthält die bei Luftzutritt geschmolzene Bronze Kupferoxydul und Zinnoxyd. Beide Oxyde lösen sich in dem Metallbade, lagern sich beim Erstarren zwischen die Metallmolecüle und verringern ganz bedeutend die Festigkeit und Zähigkeit der aus der Legirung hergestellten Gussstücke[3]). Durch Rühren des Metallbades mit birkenen

---

[1]) Hampe, Beiträge zur Metallurgie des Kupfers. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate, Bd. 21, S. 253.

[2]) Letzterer verstarb kürzlich in Blasewitz bei Dresden.

[3]) Künzel, Ueber Bronzelegirungen. Dresden 1875, S. 20 u. 22.

Stangen (Polen) lässt sich in Folge der reducirenden Wirkung der dabei aus dem Holze sich entwickelnden Gase das Kupferoxydul zerstören, nicht aber das Zinnoxyd [1]. Letzteres wird aber nebst allen übrigen vorhandenen Metalloxyden sofort reducirt, sobald eine entsprechende Menge Phosphor in das Metallbad geführt wird. Es entsteht Phosphorsäure, welche jedenfalls an die Oberfläche des Metallbades emporsteigt und so entfernt wird. Auch Antimon, Arsen, Wismuth, um derentwillen ein Sauerstoffgehalt im Kupfer nothwendig ist, werden unstreitig reducirt, wenn sie überhaupt noch vorhanden sind. Ihr Einfluss auf die Eigenschaften der Bronze ist aber ein weit unerheblicherer, weniger bemerkbarer als beim reinen Kupfer.

---

Bei den tief eingreifenden Einflüssen, welche die Aufnahme fremder metallischer oder nicht metallischer Körper auf die Eigenschaften der Metalle ausübt, ist es nicht ohne Wichtigkeit, Merkmale zu besitzen, nach welchen sich die Gegenwart solcher fremden Körper ohne Weiteres erkennen und quantitativ beurtheilen lässt. Nicht immer ist dieses ohne eine zeitraubende Untersuchung möglich. Viele Metalle zeigen jedoch, besonders im geschmolzenen Zustande, gewisse Erscheinungen an der Oberfläche, die es dem geübten Auge möglich machen, schon ohne Weiteres ein ziemlich sicheres Urtheil über ihre Beschaffenheit zu gewinnen.

Nicht bei allen Metallen sind diese Erscheinungen, die häufig aus dem sich verschiedenartig äussernden Krystallisationsbestreben hervorgehen, mit dem ihnen gebührenden Interesse studirt worden. Es mögen daher einige Beispiele genügen, darauf hinzuweisen, mit welcher Deutlichkeit sich oft verhältnissmässig unbedeutende Abweichungen in der Zusammensetzung der Handelsmetalle und Legirungen schon im flüssigen Metalle erkennen lassen.

Schmilzt man reines Zinn und giesst es auf eine Fläche aus, kurz bevor es erstarrt, so gewahrt man eine weisse glänzende Oberfläche ohne andere auffällige Erscheinungen als die häufig in der Mitte der Fläche sich zeigende Neigung, eine schwache Einsenkung mit Krystallauswüchsen zu bilden.

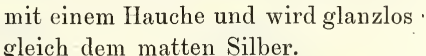
Legirt man das Zinn mit einem Viertel seines Gewichts Blei (so dass die Legirung 80 Thle. Zinn, 20 Thle. Blei enthält) und verfährt wie vorhin, so zeigen sich beim Erstarren auf der ganzen Oberfläche sehr feine nadelförmige Krystallbildungen, wodurch der Glanz des reinen Zinns verschwindet, während die Oberfläche noch eben und glatt bleibt.

Erhöht sich der Bleigehalt der Legirung auf $33^1/_3$ Proc., so treten weissliche, rundliche, von vertieften Linien eingefasste kleine Flecken auf, knopfartig oder warzenartig die ganze Oberfläche bedeckend, Fig. 1.

---

[1] Künzel a. a. O., S. 22 u. 57.

Bei 50 Thln. Blei, 50 Thln. Zinn werden diese Flecken grösser, die einfassenden Linien tiefer, Fig. 2.

Bei 80 Thln. Blei, 20 Thln. Zinn sind die Flecke vollständig verschwunden, die anfänglich glänzende Oberfläche überzieht sich plötzlich wie  mit einem Hauche und wird glanzlos gleich dem matten Silber.

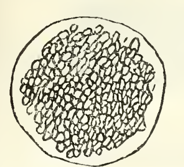


Fig. 1.

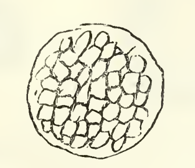


Fig. 2.

Reines Blei endlich erstarrt mit glänzender Fläche, auf welcher deutlich die krystallinische Textur des Innern zu erkennen ist.

Bei dem Gusseisen, dem für die Giesserei am häufigsten benutzten Metalle, werden die Erscheinungen an der Oberfläche im flüssigen Zustande schon durch sehr geringe Aenderungen in der chemischen Beschaffenheit verändert [1]). Im Voraus muss bemerkt werden, dass diese Erscheinungen erst eintreten, wenn die Temperatur des geschmolzenen Eisens sich dem Erstarrungspunkte nähert und die Oberfläche des Eisens unbedeckt ist. Am besten sind sie erkennbar, wenn man eine Probe des Eisens in Form eines flachen Kugelabschnittes in Sand giesst und nun die Oberfläche betrachtet. Man nimmt dann Folgendes wahr.

Enthält das Eisen gleichzeitig viel Kohlenstoff und Silicium, welches letztere also die graphische Absonderung des Kohlenstoffs beim Erstarren veranlasst (hochgares Roheisen oder Roheisen Nr. I), so bildet sich durch Oxydation von viel Silicium und geringeren Mengen metallischer Bestandtheile (Eisen, Mangan) an der Oberfläche des flüssigen Metalls eine matte, glanzlose, dicke Haut, und das Eisen erstarrt ruhig unter derselben, mehr oder minder viel Graphit auch an den Aussenflächen absondernd.

Nimmt der Siliciumgehalt ab, so gewahrt man unter der sich bildenden Haut Bewegungen im flüssigen Eisen, in Folge deren die Haut momentan zerrissen wird, so dass das Eisen mit glänzender Farbe zwischen dem Spalte sichtbar wird. Ist das Eisen noch ziemlich silicium- und graphitreich, so sind die erwähnten Bewegungen träge, der matte Ueberzug schliesst sich bald und das Eisen erstarrt mit schwach convexer Oberfläche, bisweilen noch eine schwache Erhöhung an der Stelle zeigend, wo der letzte Spalt sichtbar war (Fig. 3, 4, 5 a. f. S.) — gares Roheisen oder Roheisen Nr. II.

Mit abnehmendem Siliciumgehalte aber wird das entstehende Häutchen immer dünner, die Bewegungen des Eisens immer lebhafter (halbirtes Roheisen oder Roheisen Nr. III). Durch das stete Zerreissen und Wiederentstehen des Häutchens bilden sich Figuren, durch die Spaltungs-

---

[1]) Schott, Die Kunstgiesserei in Eisen, Braunschweig 1873, S. 10. — Ledebur, Das Roheisen in Bezug auf seine Verwendung zur Eisengiesserei. Leipzig 1872, S. 29.

linien begrenzt, welche verschwinden und neu entstehen. Es ist dieses das „Spiel“ des Gusseisens. Diese Figuren sind bei verschiedenen Guss-

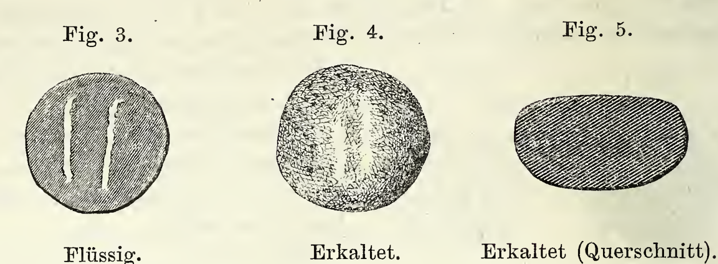


Fig. 3. Flüssig. Fig. 4. Erkaltet. Fig. 5. Erkaltet (Querschnitt).

eisensorten verschieden, kehren aber bei gleichen Sorten mit grosser Regelmässigkeit in derselben Weise wieder. Bei reinem Holzkohleneisen zeigen sie sich gemeiniglich als gerade, sich rechtwinklich kreuzende Linien (Fig. 6), bei Kokeseisen, vermuthlich als Kennzeichen eines geringen Schwefelgehaltes, als geschlossene Dreiecke oder Sechsecke (Fig. 7). Die Oberfläche ist nach dem Erstarren mit einer Menge klei-

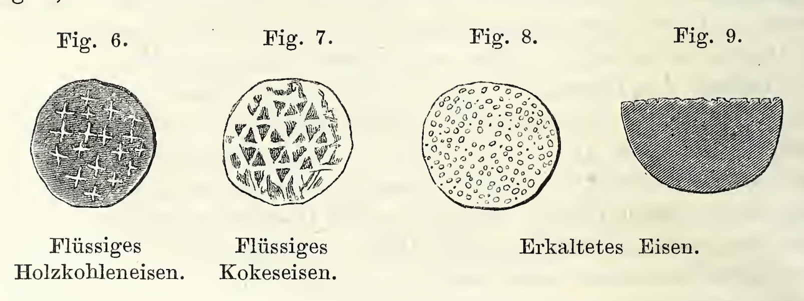


Fig. 6. Flüssiges Holzkohleneisen. Fig. 7. Flüssiges Kokeseisen. Fig. 8. Fig. 9. Erkaltetes Eisen.

ner Kügelchen bedeckt, inwendig hohl, aus oxydirten Bestandtheilen des Gusseisens bestehend (Fig. 8 und 9).

Nimmt auch der Kohlenstoffgehalt beträchtlich ab (grelles Roheisen oder Nr. IV), so wird das Spiel undeutlicher, das Eisen wirft ab und an schwirrende Funken aus, erstarrt bald und bedeckt sich mit grossen Narben, unter welchen tiefe Löcher befindlich sind, Fig. 10 und 11. Im höchsten Stadium dieses kohlenstoffarmen grellen Zustandes (hochgrelles Roheisen oder Nr. V) nehmen diese Erkennungszeichen des grellen Eisens noch an Intensität zu und statt der tiefen Löcher unter den Narben erscheinen flache muldenförmige Vertiefungen, während die ganze Ober-

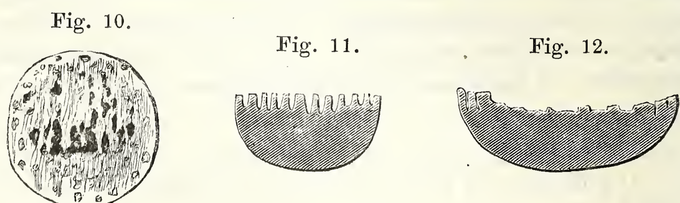


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

fläche concave Form zeigt, Fig. 12. Im rothglühenden Zustande überzieht sich das grelle Eisen plötzlich vom Rande her mit einer dunkeln Haut, die nach dem Erkalten in grossen Stücken sich loslöst und unter welcher jene flachen oder tiefen Löcher dann sichtbar werden.

## Die Gewerbseigenschaften der Metalle und Legirungen.

Die sämmtlichen Eigenschaften der Metalle, sofern sie überhaupt für die Verwendung derselben zu mechanischer Verarbeitung Beziehung haben, lassen sich in zwei Gruppen sondern: erstens solche Eigenschaften, welche auf die Verarbeitung selbst beeinflussend wirken und demgemäss erst dann besprochen werden sollen, wenn von dieser Verarbeitung die Rede sein wird, z. B. Schmelzbarkeit, Dehnbarkeit u. s. w. Wir nennen diese Eigenschaften Arbeitseigenschaften. Zweitens solche Eigenschaften, welche zwar nicht zu der Verarbeitung der Rohmetalle, wohl aber zu der Verwendung der fertigen Gebrauchsgegenstände in Beziehung stehen und demnach deren Zweckmässigkeit und Werth beeinflussen; wir nennen sie Gewerbseigenschaften.

Hierher gehört als erste Gewerbseigenschaft die **Festigkeit** der Metalle, welche bekanntlich bei jedem Gegenstande, der überhaupt auf Festigkeit in Anspruch genommen wird — z. B. Säulen, Träger, Drahtseile, Ketten u. s. w. —, zur Ermitteluug der Querschnittsverhältnisse in Rechnung gestellt werden muss. Diese Festigkeit eines und desselben Metalls kann nun aber von mehreren Zufälligkeiten abhängig sein, und aus diesem Grunde können eine grössere Anzahl Festigkeitsversuche oft sehr verschiedene Ergebnisse liefern. Zu diesen Zufälligkeiten gehören die unabsichtlich vorhandenen fremden Bestandtheile der Metalle, die Art und Weise der Behandlung des Metalls bei der vorausgegangenen Verarbeitung, die Temperatur, bei welcher die Festigkeitsprobe vorgenommen wird u. s. w.

Man kann desshalb für die praktische Benutzung zu Constructionszwecken nur Durchschnittsresultate aus einer grösseren Anzahl Versuchen ermitteln, um auf einigermaassen richtige Angaben zu gelangen.

Solche Festigkeitstabellen finden sich in jedem Lehrbuche der Mechanik.

Für die absolute oder Zerreissungsfestigkeit der Metalle und Legirungen, welche am häufigsten ermittelt worden ist, finden sich zum Zwecke eines Vergleichs im Folgenden einige Angaben nach den Mittheilungen von Karmarsch, Wertheim, Künzel u. A. zusammengestellt. Es wird daraus zugleich hervorgehen, welche grossen Einflüsse die Art der Verarbeitung auf die Festigkeit ausübt.

**Absolute Festigkeit in Kilogrammen per Quadratcentimeter Querschnitt.**

| Name der Metalle | Gegossen | Geschmiedet, gewalzt oder gezogen | |
|---|---|---|---|
| | | im gewöhnlichen Zustande | in harten Drähten |
| Gussstahl . . . . . . . | 3000 [1] | 4000 | 10 000 |
| Gusseisen . . . . . . . | 1250 | — | — |
| Bronze mit 10 Proc. Zinn | 1500 | — | — |
| „ „ 6,7 „ „ | 2000 | — | — |
| Phosphorbronze | | | |
| mit 5 Proc. Zinn . | 3000 | 4000 | 8000 |
| „ 8 „ „ . | 2500 | — | — |
| „ 10 „ „ . | 2000 | — | — |
| Kupfer . . . . . . . . | 1300 | 2200 | 3500 |
| Nickelbronze | | | |
| aus 90 Kupfer . . „ 5 Nickel . . . „ 5 Zinn . . . | 2000 | 5000 | 7200 |
| aus 80 Kupfer . . „ 10 Nickel . . . „ 10 Zinn . . . | 2000 | | |
| aus 85 Kupfer . . „ 10 Nickel . . . „ 5 Zinn . . . | 2500 | | |
| Neusilber . . . . . . . | unbestimmt | 5000 | 8000 |
| Zink . . . . . . . . . | 200 | 1400 | — |
| Zinn . . . . . . . . . | 400 | 400 | 400 |
| Blei . . . . . . . . . | 100 | 175 | 230 |
| Messing mit 30 Proc. Zink | 1250 | 3300 | 5000 |
| Aluminium . . . . . . | 1100 | 1500 | — |
| Silber . . . . . . . . | 750 | 1900 | 3500 |
| Gold . . . . . . . . . | 750 | 1800 | 2500 |
| Platin . . . . . . . . | — | 3000 | 2800 |
| Schmiedeeisen . . . . . | — | 4000 | 9000 |

[1]) Nach einer Mittheilung des Bochumer Vereins für Bergbau und Gussstahlfabrikation in Bochum an den Verfasser beträgt die Zerreissungsfestigkeit des rühmlichst bekannten Gussstahlfaçongusses aus genannter Fabrik 3500 bis 4000 Kilogramm per Quadratcentimeter.

Verwandt mit der Festigkeit ist die **Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung durch mechanische Einflüsse.**

In Fällen, wo diese Einflüsse auf Zerbrechen des Gegenstandes hinwirken, ist die Widerstandsfähigkeit mit Festigkeit gleichbedeutend; es treten jedoch bei der Benutzung noch andere, mannigfache, eine Abnutzung bewirkende mechanische Einflüsse auf, und es ist desshalb jener Begriff der Widerstandsfähigkeit immerhin relativ.

Der häufigste und wichtigste unter jenen Einflüssen ist die Reibung. Die Einwirkung derselben aber ist wieder verschieden, je nachdem gleitende Reibung, Zapfenreibung, rollende Reibung u. s. w. stattfindet.

Am einfachsten ist der Fall, wenn es nur darauf ankommt, den einen von zwei reibenden Gegenständen zu schützen, und auf den andern keine Rücksicht genommen zu werden braucht. So z. B. bei allen durch menschliche Hände vielfach berührten Gegenständen, bei denen durch die oft wiederholte schwache Reibung mit der Hand bald eine merkliche Abnutzung sich zeigt; oder in umgekehrter Weise bei Geräthen, welche unausgesetzt der reibenden Einwirkung sich stets erneuernder Massen ausgesetzt sind: die Pflugschaar, welche den Erdboden aufwühlt, die arbeitendenTheile der Zerkleinerungsmaschinen (Walzwerke, Pochwerke, Steinbrechmaschinen), Mischmaschinen, Hechelmaschinen und vieler anderen; die Eisenbahnschiene, welche die rollende Reibung der stets sich erneuernden Eisenbahnzüge auszuhalten hat u. s. w. In dieser Hinsicht ist die Widerstandsfähigkeit ein Product aus Festigkeit und Härte.

Die einfachen für mechanische Verarbeitung benutzten Metalle lassen sich hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen solche Einflüsse folgendermaassen eintheilen:

Grosse Widerstandsfähigkeit besitzen:
- Stahl, vorzugsweise Gussstahl,
- Siliciumarmes Gusseisen bei rascher Abkühlung nach dem Gusse.

Mittlere Widerstandsfähigkeit:
- Schmiedeeisen (die Widerstandsfähigkeit mit dem Kohlenstoffgehalte steigend),
- Gusseisen bei normaler Abkühlung (im umgekehrten Verhältnisse mit dem Kohlenstoffgehalte steigend und abnehmend),
- Platin,
- Silber,
- Gold,
- Aluminium.

Geringe Widerstandsfähigkeit:
- Zink,
- Blei,
- Zinn.

Durch Legirungen lässt sich die Widerstandsfähigkeit bedeutend steigern. Man legirt zu diesem Zwecke Stahl mit geringen Mengen

Wolfram, Chrom, Mangan; Kupfer mit Zinn; Gold und Silber mit Kupfer; Blei mit Antimon.

Inwiefern allein durch mechanische Bearbeitung die Widerstandsfähigkeit (Härte und Festigkeit) gesteigert werden kann, bleibt einer spätern Erörterung vorbehalten.

Weit verwickelter wird aber der Fall, wenn beide reibenden Theile der Abnutzung unterworfen sind und widerstandsfähig gegen dieselbe gemacht werden sollen. Die Härte und Festigkeit des Metalls allein ist dann nicht mehr maassgebend; denn in Folge der gegenseitigen Einwirkung würde die grössere Härte des einen Theiles eine schnellere Abnutzung des andern zur Folge haben. Es liegt hier also zunächst die Aufgabe vor, solche Metalle zu wählen, deren gegenseitige Reibungscoefficienten möglichst geringe sind, und dann erst durch passenden Härtegrad die unvermeidliche Abnutzung auf ein kleinstes Maass zu reduciren. Aus naheliegenden Gründen lässt man in den meisten Fällen zwei verschiedene Metalle auf einander wirken, z. B. bei Zapfen und deren Lagern, Gleitbacken u. s. w. Die Lösung der Aufgabe, passende Metalle für solche Zwecke zu wählen, wird dadurch noch verwickelter, dass erstens gewöhnlich einer der beiden auf einander wirkenden Theile kostspieliger, schwerer ersetzbar ist als der andere, es also auch darauf ankommt, nicht allein die Abnutzung durch Reibung thunlichst zu verringern, sondern auch auf den leichter ersetzbaren Theil zu concentriren, z. B. bei einem Zapfenlager auf die Pfanne des Lagers, welche leichter auszuwechseln ist, als der Zapfen der Maschine; bei einem Dampfcylinder, in welchem der Kolben hin und her gleitet, auf die Dichtungsringe des letztern, welche weit leichter sich ersetzen lassen als der Dampfcylinder, u. s. f.; dass aber auch zweitens die Reibung durch sogenannte Schmiermittel (Fett, Graphit) verringert zu werden pflegt, deren Beschaffenheit nicht ohne Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit der reibenden Metalle bleibt.

Gewöhnlich ist das Material des einen Theiles durch constructive Rücksichten geboten, und man hat der Beschaffenheit dieses Materials entsprechend das Material des zweiten Theiles zu wählen.

Hierfür bieten wieder Metalllegirungen den weitesten Spielraum und die beste Gelegenheit, für bestimmte Fälle das geeignetste Material zu erlangen.

Man hat durch zahlreiche Versuche eine Anzahl geeigneter Legirungen für die verschiedenen in der Praxis vorkommenden Fälle ermittelt, ohne dass dieselben gerade immer eine wissenschaftliche Begründung besässen.

Beispiele.

Für Zapfen- und Axenlager.

a. Bei niedriger Temperatur schmelzbare Legirungen.

Dieselben können direct um die Zapfen herum gegossen werden und erfordern keine weitere Bearbeitung, besitzen aber nur einen mittlern Grad von Widerstandsfähigkeit.

Sogenanntes Antifrictionsmetall: 80 Thle. Zink, $14^1/_2$ Thle. Zinn, $5^1/_2$ Thle. Kupfer.

Weissguss:

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 42 | Thle. | Zinn, | 42 | Thle. | Blei, | 16 | Thle. | Antimon, | — | Thle. | Kupfer, | oder |
| 83 | „ | „ | — | „ | „ | 11 | „ | „ | 6 | „ | „ | „ |
| 40 | „ | „ | 50 | „ | „ | 10 | „ | „ | — | „ | „ | |

und andere ähnlich zusammengesetzte Legirungen.

b. Bei hoher Temperatur schmelzbare Legirungen.

Die Lager aus diesen müssen für sich gegossen, gebohrt und eingepasst werden, sind daher in der Herstellung weit kostspieliger, besitzen aber ungleich grössere Widerstandsfähigkeit.

Bronze oder Rothguss:

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 90 | Thle. | Kupfer, | 4 | Thle. | Zinn, | 6 | Thle. | Zink, | — | Thle. | Blei, | oder |
| 86 | „ | „ | 14 | „ | „ | — | „ | | — | „ | | „ |
| 82 | „ | „ | 10 | „ | „ | 8 | „ | | — | „ | | „ |
| 84 | „ | „ | 8 | „ | „ | 4 | „ | | 4 | „ | | „ |
| 80 | „ | „ | 8 | „ | „ | 4 | „ | | 8 | „ | | „ |
| 75 | „ | „ | 9 | „ | „ | 9 | „ | | 7 | „ | | „ |
| 66 | „ | „ | 15 | „ | „ | 19 | „ | | — | „ | | |

Phosphorbronze, als vorzügliches Lagermetall gerühmt, mit 4 bis 5 Thln. Zinn.

Für Dichtungsringe der Dampfkolben:

| Kupfer | Zinn | Zink | Blei | Antimon |
|---|---|---|---|---|
| 88,5 Thle. | 2,5 Thle. | 9 Thle. | — Thle. | — Thle., oder |
| 80 „ | 16 „ | — „ | 2 „ | 2 „ „ |
| 84 „ | 3 „ | 8,5 „ | 4,5 „ | — „ „ |

und ähnliche.

Zu Ventilkasten, Pumpenstiefeln etc.:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 74 Thle. Kupfer | 22 Thle. Zink | 4 Thle. Zinn, | oder |
| 88 „ „ | 2 „ „ | 10 „ | „ |

und viele andere.

Eine dritte Art der mechanischen Abnutzung ist die durch wiederkehrenden Druck oder Stoss, z. B. die Abnutzung des Prägstempels beim Prägen der Münzen und in anderen Fällen.

Die Widerstandsfähigkeit ist hier gleichfalls durch Härte und Festigkeit bedingt, und die oben gegebene Classification der Metalle kann auch für diesen Fall im Allgemeinen als maassgebend betrachtet werden.

Das **specifische Gewicht** der Metalle unterliegt aus denselben Gründen wie die Festigkeit erheblichen Schwankungen. Als Durchschnittswerthe der specifischen Gewichte der einfachen Metalle kann man folgende annehmen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Antimon | 6,72 | | |
| Blei | 11,40 | | |
| Gold | 19,26 | | |
| Gusseisen | 7,25 | | |
| Schmiedeeisen | 7,78 | | |
| Stahl | 7,50, | gehämmert | 7,80 |
| Kupfer | 8,58 | „ | 8,94 |
| Platin | 22,70 | | |
| Silber | 10,47 | „ | 10,51 |
| Wismuth | 9,83 | | |
| Zink | 6,80, | gewalzt | 7,00 |
| Zinn | 7,29 | | |
| Nickel | 8,80 | | |
| Aluminium | 2,56 | | |
| Kadmium | 8,70 | | |
| Wolfram | 17,50 | | |
| Chrom | 6,8 | | |
| Arsen | 5,63 | | |

Das specifische Gewicht der Legirungen ist gewöhnlich annähernd, selten genau gleich dem arithmetischen Mittel zwischen den specifischen Gewichten der Bestandtheile. Häufig findet eine Verdichtung beim Legiren, selten eine Ausdehnung statt.

Riche stellte eine Reihe von Versuchen über die specifischen Gewichte von Kupferzinn- und Kupferzinklegirungen an und verglich dieselben mit den aus den Bestandtheilen berechneten specifischen Gewichten. Um die Einwirkung der beim Giessen zufällig entstehenden Undichtigkeiten zu vermeiden, werden die Metalle im gepulverten Zustande gewogen. Es ergab sich Folgendes[1]:

a. Kupferzinnlegirungen.

| Zusammensetzung | Dichtigkeit gefunden | Dichtigkeit berechnet | Differenz |
|---|---|---|---|
| $Sn_5$ . . 90,27<br>Cu . . 9,73 | 7,28 | 7,43 | — 0,15 |
| $Sn_4$ . . 88,16<br>Cu . . 11,84 | 7,31 | 7,46 | — 0,15 |
| $Sn_3$ . . 84,79<br>Cu . . 15,21 | 7,44 | 7,50 | — 0,06 |
| $Sn_2$ . . 78,79<br>Cu . . 21,21 | 7,59 | 7,58 | + 0,01 |

[1]) Annales de Chimie et Physique, 4 série, tome XXX, p. 351; daraus in Dingler's polytechnischem Journal Bd. 213, S. 156 ff.

| Zusammensetzung | Dichtigkeit gefunden | Dichtigkeit berechnet | Differenz |
|---|---|---|---|
| $Sn$ . . 65,01<br>$Cu$ . . 34,99 | 7,90 | 7,79 | + 0,11 |
| $Sn_2$ . . 55,33<br>$Cu_3$ . . 44,67 | 8,06 | 7,93 | + 0,13 |
| $Sn$ . . . 48,16<br>$Cu_2$ . . 51,84 | 8,15 | 8,04 | + 0,11 |
| $Sn$ . . . 38,21<br>$Cu_3$ . . 61,79 | 8,91 | 8,21 | + 0,70 |
| $Sn$ . . . 31,72<br>$Cu_4$ . . 68,28 | 8,75 | 8,32 | + 0,43 |
| $Sn$ . . 27,09<br>$Cu_5$ . . 72,91 | 8,62 | 8,40 | + 0,22 |
| $Sn$ . . 23,69<br>$Cu_6$ . . 76,31 | 8,72 | 8,46 | + 0,26 |
| $Sn$ . . 20,98<br>$Cu_7$ . . 79,02 | 8,72 | 8,50 | + 0,22 |
| $Sn$ . . . 18,85<br>$Cu_8$ . . 81,15 | 8,84 | 8,54 | + 0,30 |
| $Sn$ . . . 15,07<br>$Cu_{10}$ . . 84,33 | 8,87 | 8,60 | + 0,27 |
| $Sn$ . . . 11,00<br>$Cu_{16}$ . . 89,00 | 8,84 | 8,69 | + 0,15 |

In Wirklichkeit werden die specifischen Gewichte gegossener Legirungen wegen der unvermeidlichen Undichtigkeiten des Gefüges meistens etwas niedriger ausfallen. Karmarsch fand für

Bronze mit 50 Proc. Kupfer . . . . . . . 8,58
" " 75 " " . . . . . . . 8,83
" " 80 " " . . . . . . . 8,95
" " 88 " " . . . . . . . 8,83
" " 91 " " . . . . . . . 8,76

b. Kupferzinklegirungen (Riche).

| Zusammensetzung | Dichtigkeit gefunden | Dichtigkeit berechnet | Differenz |
|---|---|---|---|
| $Zn_8$ . . 89,18<br>$Cu$ . . . 10,82 | 7,315 | 7,315 | — |
| $Zn_4$ . . 80,48<br>$Cu$ . . . 19,52 | 7,863 | 7,478 | + 0,385 |
| $Zn_2$ . . 60,73<br>$Cu$ . . 39,27 | 8,171 | 8,039 | + 0,132 |

| Zusammensetzung | Dichtigkeit gefunden | Dichtigkeit berechnet | Differenz |
|---|---|---|---|
| Zn . . . 50,76<br>Cu . . . 49,23 | 8,304 | 8,263 | + 0,041 |
| $Zn_2$ . . 40,74<br>$Cu_3$ . . 59,26 | 8,329 | 8,412 | — 0,083 |
| Zn . . . 34,02<br>$Cu_2$ . . 65,98 | 8,390 | 8,345 | + 0,045 |
| Zn . . . 20,49<br>$Cu_4$ . . 79,51 | 8,367 | 8,489 | — 0,122 |
| Zn . . . 14,66<br>$Cu_6$ . . 85,34 | 8,584 | 8,602 | — 0,018 |
| Zn . . . 9,35<br>$Cu_{10}$ . . 90,65 | 8,834 | 8,707 | + 0,127 |

Durch Hämmern, Walzen, Ziehen wächst meistens das specifische Gewicht. Karmarsch fand für Tombakblech mit 15,75 Proc. Zink das specifische Gewicht zu 8,788; für Tombakdraht mit $12^1/_2$ Proc. zu 9,00.

Für Phosphorbronze ist das specifische Gewicht nach Künzel:

mit 10 Proc. Zinn 0,25 Phosphor (gegossen) 8,797
„ 5 „ „ 1,50 „ „ 8,675 [1])

Für sonstige Legirungen findet man folgende Angaben der specifischen Gewichte:

| | | |
|---|---|---|
| Neusilber . . . . . . . . . . . . | 8,4 | bis 8,7 |
| Britanniametall . . . . . . . . . | 7,35 | |
| Hartblei . . . . . . . . . . . . | 9,33 | „ 10,44 |
| Weissmetall . . . . . . . . . . . | 7,10 | „ 7,28 |
| Aluminiumbronze | | |
| mit 90 Proc. Kupfer . . . . . | 7,69 | |
| „ 95 „ „ . . . . . | 8,37 | |
| „ 97 „ „ . . . . . | 8,69 | |

Wenn vorhin gesagt wurde, dass das specifische Gewicht eines und desselben Metalls ebenso wie die Festigkeit desselben erheblichen Schwankungen unterliege, abhängig von der vorausgegangenen Behandlung sowie von verschiedenen Zufälligkeiten, so liegt der Schluss nahe, dass Festigkeit und Widerstandsfähigkeit mit dem specifischen Gewichte desselben Metalls in gegenseitiger Beziehung stehen müssen. Denn beide Eigenschaften erfahren eine Abnahme durch dieselben Ursachen: durch poröse oder blasige Beschaffenheit, durch eingelagerte fremde Körper (Kohlen- oder Schlackenpartikelchen u. dergl.); sie nehmen zu, wenn eine dichte Lagerung der Molecüle des Körpers stattgefunden hat. In gewisser

---

[1]) Ausführlichere Mittheilungen über die specifischen Gewichte der Phosphorbronzen: Künzel a. a. O. S. 52.

Hinsicht kann also das specifische Gewicht eines Metalls ein Kriterium für die Festigkeit desselben abgeben, selbstverständlich immer nur in Beziehung auf andere specifische Gewichte desselben unter anderen Verhältnissen verarbeiteten Metalls.

Die **Farbe** der Metalle spielt für ihre Verwendung zu Gebrauchsgegenständen eine nicht unwichtige Rolle. Besitzt doch ein jeder Mensch, auch der ungebildetste, einen gewissen Grad des Wohlgefallens am Schönen; wird doch ein Jeder unter zwei für denselben Zweck bestimmten und mit gleicher Zweckmässigkeit hergestellten Gegenständen stets denjenigen wählen, dessen Aeusseres ihm am schönsten dünkt. Und welchen Einfluss besitzt die Farbe eines Gegenstandes auf sein Aeusseres!

Die einfachen, für mechanische Verarbeitung geeigneten, Metalle lassen sich ihrer Farbe nach wie folgt classificiren:

Weiss: a. rein weiss: Silber, Zinn;
b. weissgrau: Gusseisen, Stahl, Schmiedeeisen, sämmtlich im bearbeiteten Zustande; Platin;
c. bläulich weiss: Aluminium, Zink, Blei;
d. gelblich weiss: Nickel.

Grau: Unbearbeitetes Gusseisen.

Gelb: Gold.

Roth: Kupfer.

Die Farbe von Legirungen pflegt aus den Farben ihrer Bestandtheile hervorgegangen zu sein; doch zeigt sich auch hier, dass die Abstufungen der Färbung nicht immer den quantitativen Mischungsverhältnissen der Bestandtheile proportional sind.

Nicht selten ist das Hervorrufen einer bestimmten Färbung ein Hauptzweck bei Bildung einer Metalllegirung; Berücksichtigung findet die entstehende Farbe fast immer.

Meistens liegt das Bestreben vor, den Legirungen eine der Farbe des Goldes ähnliche hochgelbe oder der Farbe des Silbers ähnliche weisse Färbung zu ertheilen.

Ersterer Zweck wird durch Legirung von Kupfer mit weissen Metallen — Zink, Zinn, Aluminium — erreicht; letzterer durch Zusatz von Nickel zu Kupferzinklegirungen (Neusilber).

Unter den Kupferzinklegirungen ist eine solche mit 67 Thln. Kupfer, 33 Thln. Zink dem Golde ähnlich gefärbt; diese goldgelbe Färbung bleibt bis zu einem Kupfergehalte von 52, Zinkgehalte von 48 Proc. Bei steigendem Zinkgehalte geht die Farbe ins Röthlichweisse, schliesslich ins Gelblichweisse und Weissgraue über; bei steigendem Kupfergehalte tritt bräunlichgelbe und schliesslich röthliche Färbung ein.

Am reinsten gelb sind die Legirungen mit 20 bis 30 Proc. Zink; man nennt diese charakteristische gelbe Farbe bekanntlich messinggelb.

Bei den Bronzelegirungen wird die rothe Farbe des Kupfers schon durch bedeutend geringere Mengen von Zinn als beim Messing durch Zink abgeschwächt. Bei 5 Proc. Zinn tritt schon eine goldähnliche Fär-

bung hervor; noch mehr, wenn daneben etwas Zink vorhanden ist, z. B. 90 Thle. Kupfer, 7 Thle. Zinn, 3 Thle. Zink. Im Allgemeinen ist der Farbenton der aus drei Metallen (Kupfer, Zinn, Zink) bestehenden Legirungen voller, wärmer, als der aus Kupfer mit Zinn oder Zink allein bestehenden. Ebenso zeichnet sich Phosphorbronze durch einen feuerigern Farbenton vor der phosphorfreien Bronze aus.

Mit zunehmendem Zinngehalte geht die röthlich- oder goldgelbe Farbe der Bronzen in Röthlichgrau, dann in Gelblichgrau und allmählig in Weiss über. Schon bei 20 Proc. Zinn hat die goldähnliche Farbe vollständig einer grauen Farbe Platz gemacht.

Ein geringer Eisengehalt der Bronze giebt derselben einen blassern Ton; wie Plinius berichtet, setzten schon die Alten Eisen zur Bronze der Statuen, wenn sie Todtenblässe andeuten wollten.

Es verdient Erwähnung, dass diese Farben der Kupferlegirungen nur auf der Bruchfläche oder auf bearbeiteten Stellen deutlich hervortreten; unbearbeitete Messing- oder Bronzelegirungen pflegen braune oder schwärzliche Färbung zu zeigen.

Die weisse Farbe der Neusilberlegirungen tritt im Allgemeinen um so schärfer, silberähnlicher hervor, je mehr der Nickelgehalt derselben steigt, während ein grösserer Kupfergehalt eine röthliche, ein gemeinschaftlicher grösserer Gehalt an Kupfer und Zink eine gelbliche Färbung hervorruft. Die färbende Wirkung des Nickels ist ebenso wie die des Zinns sehr intensiv; eine Legirung von 75 Proc. Kupfer und 25 Proc. Nickel (unsere deutschen Scheidemünzen) ist schon fast weiss. Die silberähnlichste Farbe besitzen die Legirungen mit 50 bis 55 Proc. Kupfer, 25 bis 30 Proc. Zink, 18 bis 22 Proc. Nickel, z. B.

52 Thle. Kupfer, 30 Thle. Zink, 18 Thle. Nickel, oder
55 „ „ 24 „ „ 22 „ „ u. s. f.

Auch ein geringer Eisenzusatz erhöht die Weisse der Legirung, hat aber andere unbequeme Eigenschaften im Gefolge.

**Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse.** Solche chemischen Einwirkungen werden hervorgerufen durch die Atmosphärilien: Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdampf der Luft, Regen und Schnee; durch einen zufälligen Gehalt der Luft an fremden Gasen (Schwefelwasserstoff u. a.); durch Speisen und Getränke, welche in metallenen Gefässen bereitet oder aufbewahrt werden; durch das Wasser bei Gegenständen, welche ihrer Bestimmung nach mit demselben in Berührung kommen: Schiffsbeschläge, Pumpwerke, Leitungsröhren u. v. a.; endlich durch wirkliche Chemikalien in Laboratorien und Fabriken.

Die Einwirkung der Atmosphärilien ist natürlich eine bedeutend kräftigere, wenn die Gegenstände im Freien, als wenn sie in geschützten Räumen zur Anwendung gelangen und aufbewahrt werden. Am empfindlichsten dagegen ist das Eisen; es überzieht sich rasch mit Rost.

Je weniger Kohlenstoff das Eisen enthält, desto leichter wird es angegriffen, daher Schmiedeeisen leichter als Stahl, dieser leichter als Gusseisen. Graphitisch ausgeschiedener Kohlenstoff erhöht in geringerm Maasse die Widerstandsfähigkeit als gebundener, daher macht rasche Abkühlung und geringer Siliciumgehalt das Gusseisen widerstandsfähiger.

Ebenso verhält sich Eisen gegen verdünnte Säuren; concentrirte Säuren zeigen dagegen geringere Einwirkung, so dass man sogar gusseiserne Kessel und Pfannen dazu benutzt, andere Körper der Einwirkung dieser Säuren auszusetzen.

Reines Wasser greift Eisen nicht an, wohl aber, sobald dasselbe, wie die meisten natürlich vorkommenden Wasser, Kohlensäure enthält. Ebenso bewirkt Seewasser baldiges Rosten, wobei Eisen aufgelöst wird.

Kupfer und kupferreiche Legirungen werden unter Einwirkung der Atmosphärilien bräunlich und überziehen sich nach längerer Zeit mit einer grünen, aus kohlensaurem Kupfer bestehenden Kruste, Patina genannt. Diese Patina hindert ein weiteres Eindringen der chemischen Einflüsse und wird ihrer schönen Farbe und des Umstandes halber an Monumenten und Statuen geschätzt, dass bei der Länge der Zeit, die zur Bildung derselben erforderlich ist, sie im vorwiegenden Maasse und besonderer Schönheit an antiken Statuen gefunden wird. Man sucht sie desshalb vielfach auf künstlichem Wege auf modernen Gegenständen zu erzeugen oder nachzuahmen. Ein hoher Zinngehalt befördert nach Elster die Patinabildung.

Säuren und auch viele Salze erzeugen in Vereinigung mit atmosphärischer Luft mehr oder minder lösliche Verbindungen, den sogenannten Grünspan, dessen giftige Wirkungen bekannt sind. Daher die Regel, kupferne Gefässe zur Aufbewahrung von Speisen und Getränken überhaupt nicht zu benutzen, bei der Verwendung zu Kochgeschirren aber das bereitete Nahrungsmittel sofort nach dem Aufhören des Siedens aus dem Kupfergefässe zu entfernen, um den Zutritt atmosphärischer Luft abzuhalten.

Dieselbe Eigenschaft zeigen kupferhaltige Legirungen, natürlich um so schwächer, je geringer der Kupfergehalt ist.

Reines Wasser greift Kupfer nicht an; Seewasser bildet einen grünlichen Ueberzug (nach Percy Kupferoxychlorid), der allmählig vom Wasser abgewaschen oder gelöst wird und für Entstehung neuer Bildungen Platz macht, so dass nach und nach das ganze Kupfer zerfressen wird. Bronzen sollen dieser Einwirkung länger als reines Kupfer widerstehen.

Zink wird zwar von vollkommen trockner Luft nicht angegriffen; der Wasser- und Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft genügt jedoch zur raschen Bildung eines kohlensäure- und wasserhaltigen Oxydüberzuges, welcher, abweichend von dem Roste des Eisens (der bekanntlich immer tiefer und tiefer eindringt), einen ziemlich guten Schutz für das darunter liegende Zink bildet, so lange er nicht durch Regen oder

sonstige Zufälligkeiten abgewaschen oder zerstört wird. Säuren und alkalische Flüssigkeiten lösen rasch das Zink auf.

Zinn wird von der Luft und vom Wasser bei gewöhnlicher Temperatur fast gar nicht oder nur sehr unbedeutend angegriffen; erst beim Schmelzen tritt unter Einwirkung des Sauerstoffs der Luft Oxydation ein. Auch die Einwirkung saurer oder alkalischer Flüssigkeiten auf das reine Zinn findet nur bei längerm Erhitzen statt, und man benutzt desshalb vielfach das Zinn zu Ess- und Trinkgeschirren, Aufbewahrungsgefässen für Speisen u. dergl.

Blei wird von feuchter Luft rasch an der Oberfläche oxydirt, und es schützt die Oxydschicht wie beim Zink das darunter liegende Metall. Sauerstoffhaltiges Wasser löst nachweisbare Mengen Blei auf; ein geringer Gehalt des Wassers an Gyps verhindert die Auflösung; Chloride und besonders salpetersaure Salze im Wasser befördern dieselbe. Diese Umstände sind von Wichtigkeit für die Verwendung des Bleies zu Wasserleitungsröhren, da durch Zersetzung organischer, in die Erdschichten eingedrungener Substanzen Salpetersäure ein häufiger Begleiter des Wassers ist.

Essigsäure greift das Blei ziemlich rasch an und löst essigsaures Salz auf. Bei der höchst giftigen Wirkung der Bleiverbindungen auf den menschlichen Organismus wird durch diesen Umstand jegliche Verwendung des Bleies zur Bereitung oder Aufbewahrung von Speisen und Getränken ausgeschlossen.

Bleilegirungen verhalten sich ähnlich. Aus Bleizinnlegirungen löst Essig beide Metalle. Desshalb ist im Allgemeinen jeder Bleizusatz zum Zinn für Anfertigung derartiger Geräthe gefährlich und in vielen Ländern polizeilich verboten [1]).

Verdünnte Schwefelsäure in Berührung mit Blei erzeugt einen fest haftenden, in Schwefelsäure unlöslichen Ueberzug von Bleisulfat, welcher das Metall vor weiteren Angriffen schützt. Aus diesem Grunde findet das Blei eine vielfache Anwendung zu Apparaten und Gefässen für die Darstellung und Verarbeitung der Schwefelsäure.

Reines Silber wird weder durch feuchte Luft noch durch Wasser angegriffen und widersteht selbst in der Schmelzhitze der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft. Höchst empfindlich ist dagegen das Silber gegen die Einwirkung von Schwefelwasserstoff. Silberne oder versilberte Gegenstände überziehen sich in unseren Wohngebäuden allmählig mit einem dünnen Häutchen von Schwefelsilber (sie laufen an), welches, wenn sie rein erhalten werden sollen, von Zeit zu Zeit durch Putzen entfernt werden muss. Energischer ist noch die Einwirkung, wenn man sil-

---

[1]) Versuche über die Widerstandsfähigkeit der Bleizinnlegirungen gegen Wasser, Essig und Kochsalzlösung in der Wärme und Kälte: Dingler's polytechnisches Journal Bd. 220, S. 446; daraus Deutsche Industriezeitung 1876, S. 266.

berne Geräthe mit schwefelhaltigen Substanzen in directe Berührung bringt, z. B. bei dem Gebrauche silberner Löffel zum Genusse von Eiern u. dergl.

Oxydirtes Silber nennt man dasselbe, wenn es unter dem Einflusse der Luft im Laufe vieler Jahre sich allmählig mit einem bräunlichen zum Theil aus Schwefelsilber bestehenden Ueberzuge bedeckt hat, den man — ähnlich wie die Patina bei Bronzen — auch bei modernen Silberwaaren vielfach nachzuahmen sucht.

Gold wird weder durch Luft, Wasser, noch durch gewöhnliche Säuren oder Alkalien angegriffen und nimmt daher unter den sogenannten edlen Metallen den ersten Rang ein, wohl aber durch Chlor und Königswasser. In legirtem Golde verhalten sich die legirten Metalle (Silber, Kupfer) entsprechend ihren specifischen Eigenschaften, welche jedoch durch den Goldgehalt um so mehr verdeckt werden, je mehr derselbe vorwiegt. Während aus goldhaltigem Silber das letztere durch Behandlung mit Schwefelsäure oder Salpetersäure vollständig gelöst wird, gelingt die Trennung um so schwieriger oder gar nicht aus silberhaltigem Golde.

Platin zeigt ein ganz ähnliches Verhalten als das Gold. Daher die Anwendung desselben zu chemischen Geräthschaften und zur Bereitung concentrirter Schwefelsäure.

Aluminium bleibt an der Luft unverändert, wird aber von Säuren und Alkalien angegriffen und zersetzt in dünnen Blättchen das Wasser schon bei 100°, während stärkere Aluminiumstücke erst bei Glühhitze eine Wasserzersetzung bewirken.

Das Verhalten der übrigen nur in Legirungen vorkommenden Metalle gegenüber chemischen Einwirkungen wird mehr oder minder durch die mit ihnen legirten Metalle verdeckt. Es verdient nur noch der Erwähnung, dass das Nickel in trockner und feuchter Luft unverändert bleibt und aus diesem Grunde mehrfach zu Ueberzügen leichter rostender Metalle verwendet wird, während Säuren dasselbe rasch angreifen.

Der **Preis** der Metalle ist der letzte, aber nicht der unwichtigste Factor für die Verwendbarkeit derselben. In sehr vielen Fällen muss der Preis den Ausschlag geben, wenn es darauf ankommt, zu entscheiden, welches Metall das geeignetere für diesen oder jenen Zweck sei. Viele Metalle würden hinsichtlich ihrer übrigen Eigenschaften für manche Zwecke weit nutzbarer als andere sein — so z. B. würden Gold, Platin, Silber für viele Zwecke der Technik, der Haus- und Landwirthschaft ausserordentlich geeignete Rohstoffe darbieten —, ihre Verwendung ist aber ausgeschlossen, weil ihr Preis ein zu hoher ist.

Bekanntlich sind die Metallpreise steten Schwankungen unterworfen, die von dem Verhältnisse zwischen Angebot und Nachfrage abhängen. Ausserdem bewirken die Entfernung des Verbrauchsortes von dem Gewinnungsorte, sowie die grössere oder geringere Reinheit der käuflichen Rohmetalle nicht unerhebliche Unterschiede. Ein annähernd richtiges Bild von dem Verhältnisse der Metallpreise unter einander dürfte trotzdem folgende Zusammenstellung geben, in welchem der Preis besten

englischen, zur Giesserei bestimmten Roheisens (welches in Deutschland billiger zu sein pflegt, als deutsches Giessereieisen) gleich 1 gesetzt ist:

| | |
|---|---|
| Giessereiroheisen . . . . . . . . | 1 |
| Rohstahl und rohes Schmiedeeisen . . | 2 |
| Zink . . . . . . . . . . . . . . | $4^1/_2$ |
| Blei . . . . . . . . . . . . . . | $5^1/_2$ |
| Antimon . . . . . . . . . . . . . | 14 |
| Kupfer . . . . . . . . . . . . . . | 22 |
| Zinn . . . . . . . . . . . . . . | 22 |
| Wismuth . . . . . . . . . . . . . | 130 |
| Nickel . . . . . . . . . . . . . . | 260 |
| Silber . . . . . . . . . . . . . . | 2 000 |
| Platin . . . . . . . . . . . . . . | 12 000 |
| Gold . . . . . . . . . . . . . . | 34 000 |

---

Literatur über die Eigenschaften der Metalle und Legirungen:

Karmarsch, Mechanische Technologie, 5. Auflage, herausgegeben von Hartig. Hannover 1875. I. Bd., S. 3 bis 73.

Hoyer, Mechanische Technologie. Wiesbaden 1874. S. 1 bis 32.

Bischoff, Das Kupfer und seine Legirungen. Berlin 1865.

Musprat-Kerl, Chemie. Braunschweig 1868. Die betreffenden Artikel, besonders Kupfer (III. Band).

Wagner, Die Metalle und ihre Verarbeitung. Leipzig 1866.

Künzel, Ueber Bronzelegirungen. Dresden 1876.

## 2. Die Geräthe zur Bestimmung und Erkennung der Form und Abmessungen sowie zum Anzeichnen derselben.

Die wichtigste Aufgabe bei jeder mechanischen Verarbeitung eines Metalls ist eine Formveränderung desselben. Aus dem formlosen Metallblocke soll ein Gegenstand von bestimmt vorgeschriebener Form und bestimmten Abmessungen hervorgehen. Als Vorschrift für Form und Abmessungen dienen Zeichnungen, Modelle oder allgemein fassliche Angaben.

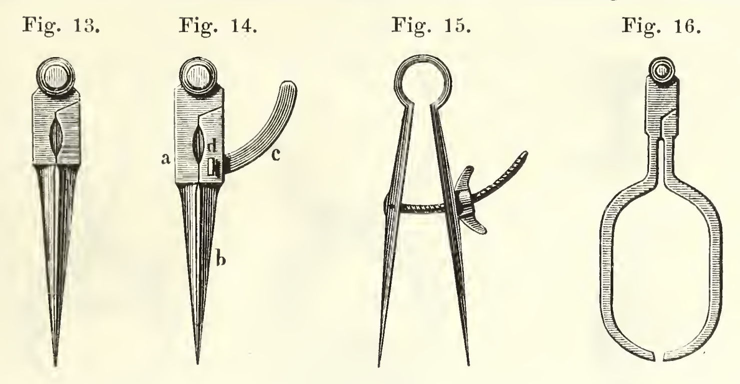
Es bedarf also einer Zahl von Geräthen, theils um die Abmessungen der Vorlage aufzunehmen, zu ermitteln, theils sie auf das zu verarbeitende Metallstück, welches man Arbeitstück nennt, zu übertragen und auf demselben sichtbar zu machen.

Geräthe zum Messen. Um die Entfernung zweier Punkte zu messen, die sich durch eine gerade Linie verbinden lassen, bedient man sich des Maassstabes. Die Einrichtung desselben ist eine so allgemein bekannte, dass sie keiner fernern Erläuterung bedarf.

Will man eine angegebene Abmessung direct auf das Arbeitsstück übertragen, oder gestattet die Form des zu messenden Gegenstandes es nicht, den stabförmigen Maassstab anzulegen, so benutzt man den in seiner allgemeinen Einrichtung gleichfalls bekannten Zirkel zum Messen, Die Zirkel der Metallarbeiter sind aus Eisen oder Stahl gefertigt und mit starker Stahlspitze versehen, um gegen Abnutzung möglichst geschützt zu sein.

Die Figuren 13 bis 21 veranschaulichen die üblichsten Sorten der von Metallarbeitern benutzten Zirkel. Fig. 13 und 14 sind Scharnierzirkel. Bei Fig. 14 ist an dem einen Schenkel *a* der Bogen *c* befestigt,

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16.




um auf demselben den Schenkel *b* vermittelst der kleinen Druckschraube *d* feststellen zu können und dadurch jede Verschiebung nach genommener Abmessung zu verhüten. Man nennt ihn deshalb Bogenzirkel.

Der Zirkel Fig. 15 trägt statt des Scharniers zum Oeffnen eine Feder mit dem Bestreben, die Schenkel stets geöffnet zu erhalten; statt des Bogens eine Schraube mit Flügelmutter, welche die Schenkel in bestimmter Lage erhält. Hierdurch ist die grösste Sicherheit gegen eine selbstthätige Verschiebung der eingestellten Schenkel gegeben. Dieser Zirkel heisst Federzirkel.

Es kann aber der Fall eintreten, dass ein Zirkel mit geraden Schenkeln nicht ausreicht, eine genaue Abmessung festzustellen, z. B. bei Ermittelung der Durchmesser oder Querschnitte von Körpern, deren Stirnflächen nicht zugänglich sind (Kugeln, Cylinder etc.). Hierzu dient der Taster, Dickzirkel oder Greifzirkel, Fig. 16, der sich als Scharnierzirkel und als Federzirkel herstellen lässt, auch leicht mit Bogen und Stellschraube (wie der Zirkel in Fig. 14) zu versehen ist.

Handelt es sich darum, die Abmessungen dünnerer Querschnitte zu ermitteln, die von stärkeren begrenzt sind, z. B. die Stärke *a* des Stegs einer Eisenbahnschiene, Fig. 17 (a. f. S.), welcher oben vom Kopfe, unten vom Fusse begrenzt ist, so reicht ein einfacher Taster nicht aus, weil er sich nicht, ohne geöffnet zu werden, vom gemessenen Querschnitte ab-

nehmen lässt, und man wendet den doppelten Taster, Fig. 18 und 19, an, dessen Einrichtung darauf begründet ist, dass beide Schenkelpaare stets genau gleiche Oeffnung zeigen.

Die umgekehrte Form des einfachen und doppelten Tasters kommt unter dem Namen Hohlzirkel in Anwendung, wenn die lichten Durchmesser von Hohlkörpern gemessen werden sollen. Gewöhnlich benutzt man die Taster als Hohlzirkel, indem man ihre Schenkel in verkehrter Richtung über einander schiebt, Fig. 20, wobei allerdings die Schenkel sich nicht wie bei Scharnierzirkeln in einer Ebene bewegen dürfen, sondern neben einander vorbeigehen müssen. Benutzt man bei dem Doppeltaster, Fig. 19, die Schenkel *a* zum Messen innerhalb der Höhlung, die Schenkel *b* zum Ablesen, so kann auch dieser ohne Weiteres als Hohlzirkel dienen.

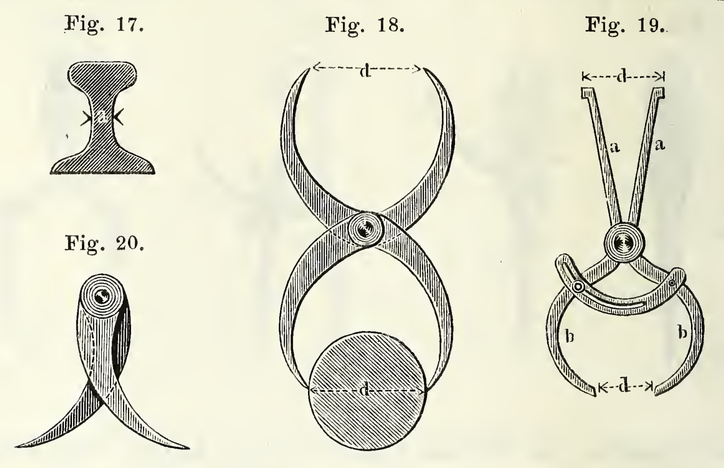
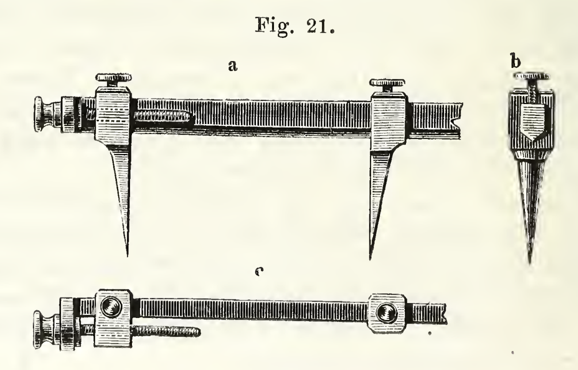


Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20.

Wenn wegen der Grösse der Abmessung die Scharnierzirkel oder Federzirkel nicht mehr zureichen, oder wenn es darauf ankommt, grösserer Genauigkeit der Abmessung halber die Zirkelspitzen genau parallel zu behalten, so benutzt man den Stangenzirkel, Fig. 21 *a*, *b* und *c*, dessen Einrichtung ohne Weiteres aus der Zeichnung ersichtlich sein wird.

Fig. 21.



Wenn auch die bisher beschriebenen Geräthe für die meisten Fälle der Praxis ausreichende Genauigkeit des Messens ermöglichen, so genügen sie doch nicht für solche Fälle, wenn es, wie in den Werkstätten der Mechaniker, Uhrmacher u. s. w., darauf ankommt, sehr kleine Abmessungen festzustellen. Man gebraucht dann sogenannte Mikrometerzirkel, welche, bei sonst verschiedener Einrichtung, darin übereinstimmen, dass das genommene Maass bedeutend vergrössert dargestellt und dadurch zum bequemen Ablesen gebracht wird. Die einfachste Form eines solchen Instrumentes ist die, wenn man bei einem Doppelzirkel das eine Schenkelpaar um ein bestimmtes Vielfaches länger macht als das andere. Es wird dann jede Oeffnung der kleineren Schenkel um eben so viel in den längeren Schenkeln vergrössert auftreten; ist beispielsweise das Verhältniss wie 1 : 50, so erscheint $^1/_{50}$ Millimeter Oeffnung der kleinen Schenkel in den grösseren als 1 Millimeter. Ein Gradbogen verbindet die längeren Schenkel und erleichtert das genaue Ablesen.

In der Praxis kommt es häufig vor, dass Querschnitte der Arbeitsstücke allmälig bis auf bestimmt vorgeschriebenes, häufig benutztes Maass verkleinert werden sollen und daher während der Arbeit von Zeit zu Zeit geprüft werden müssen. So z. B. bei Anfertigung von Drähten und Blechen. Statt des Zirkels benutzt man in solchen Fällen zweckmässiger Lehren, d. h. Blechtafeln, einige Centimeter lang und breit, mit Einschnitten am Rande, deren Breite der herzustellenden Abmessung entspricht. Fig. 22 stellt eine derartige Lehre für Bleche, Fig. 23 für

Fig. 22.

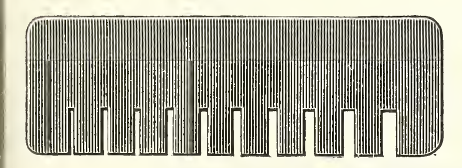
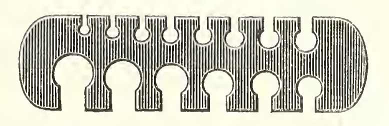


Fig. 23.



Drähte dar, und es wird die Anwendung derselben ohne Weiteres verständlich sein.

Statt dieser unveränderlichen Lehren hat man auch verschiebbare sogenannte Schublehren, nach Art der Stangenzirkel construirt, um beliebige Maasse einstellen und messen zu können.

Neben dem Messen von Entfernungen, wozu die bis jetzt beschriebenen Geräthe benutzt werden, kommt in den Werkstätten der Metallarbeiter nicht selten die Aufgabe vor, die Grösse von Winkeln zu messen oder zu prüfen. Der häufigste Fall ist der, dass ein Winkel geprüft werden soll, ob er gleich einem rechten sei; auch Winkel von 45 Grad sind nicht selten. Man gebraucht dazu den Winkel oder das Winkelmaass, aus zwei unter dem zu messenden Winkel (also gewöhnlich unter 90 Grad) zusammenstossenden Linealen bestehend, aus Holz oder Eisen dargestellt.

Construirt man den Winkel wie eine Reissschiene, bei welcher der kürzere, dickere Theil (der Anschlag) sich auf dem längern, schwächern Theile verschieben und durch eine Klemmschraube an beliebiger Stelle einstellen lässt, so heisst das Werkzeug Schubwinkel, Lochwinkel, und dient bei Vertiefungen sowohl zur Prüfung des Winkels zwischen Oberkante und Seite der Vertiefung, als zum Messen der Tiefe der letztern.

Verbindet man die Schenkel eines Winkels durch ein Scharnier, so dass sich derselbe wie ein Zirkel öffnen lässt, um Winkel in jeder Grösse damit messen zu können, so heisst derselbe Schrägmaass oder Schmiege.

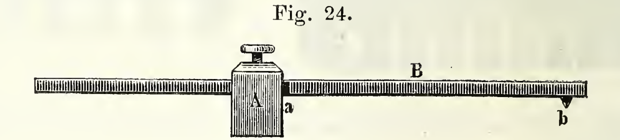
Um eine Ebene auf ihre horizontale Lage zu prüfen, findet die bekannte Setzwage mit Senkblei oder auch die Wasserwage vielfache Anwendung.

Geräthe zum Anzeichnen. Zum Anzeichnen eines Punktes auf einem Arbeitsstücke, nachdem die Lage dieses Punktes mit Hülfe eines der beschriebenen Instrumente ermittelt worden ist, dient der Körner, ein Stahlstäbchen mit konischer Spitze, mit welcher eine schwache Vertiefung in das Metall eingeschlagen wird.

Um ganze Linien zu ziehen, wird statt des Körners die Reissnadel benutzt, ein spitziger Stahlstift, in ein hölzernes Heft gefasst. Soll die Linie deutlicher hervortreten, so wird sie durch Punkte, die mit dem Körner eingeschlagen worden, bezeichnet.

Soll eine Linie parallel einer vorhandenen Kante gezogen werden, so dient dazu das Streichmaass, Streichnadel, Reissmaass, dessen Einrichtung aus Fig. 24 hervorgeht. Die Fläche *a* des Kopfes oder Anschlags *A* gleitet an der gegebenen Kante hin, dabei zieht die Spitze *b*, welche im Riegel *B* festsitzt, auf dem Arbeitsstücke die parallele Linie

Fig. 24.



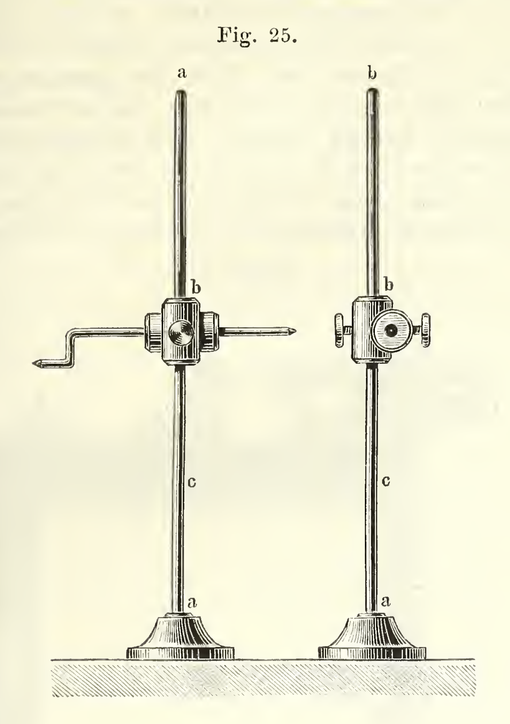

in dem vorher richtig eingestellten Abstande. Der Kopf *A* mit der Klemmschraube pflegt aus Metall, der Riegel *B* aus Holz oder Metall zu bestehen.

Lässt man zwei parallele Riegel durch einen gemeinschaftlichen Kopf gehen, um zwei Linien zugleich anzeichnen zu können, so erhält man das doppelte Streichmaass.

Wenn eine Kante, an welcher das Streichmaass geführt werden kann, nicht vorhanden ist, die gerade Linie vielmehr parallel einer ausserhalb des Arbeitsstückes vorhandenen ebenen horizontalen Fläche vorgezeichnet werden soll, so bedient man sich einer gusseisernen vollständig eben gehobelten Richtplatte und des stehenden Streichmaasses, Fig. 25 a und b, welches mit dem metallenen Fusse *a* auf der Richtplatte steht und ver-

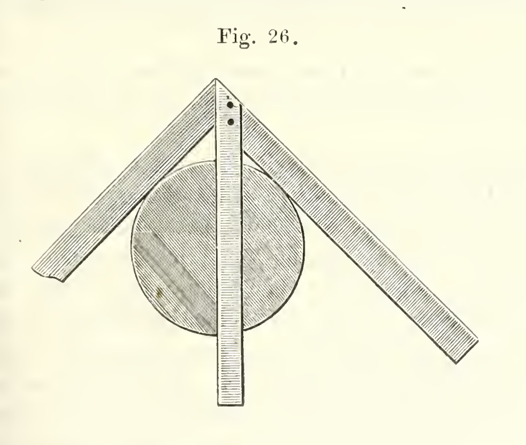
schoben werden kann. Die Hülse *b* ist mit einer Klemmschraube an der senkrechten Stange *c* befestigt und trägt die horizontale Reissnadel, die in der Hülse verschiebbar und durch eine zweite Klemmschraube gleichfalls festzustellen ist. Das stehende Streichmaass kann ebensowohl zum Anreissen gerader Linien, als zum Anzeichnen von Punkten in bestimmtem Abstande von der horizontalen Richtplatte gebraucht werden.

Fig. 25.




Wenn der Mittelpunkt einer gegebenen Kreisfläche gesucht und angezeichnet werden soll — ein Fall, der sehr häufig bei den Endflächen cylindrischer Körper vorkommt, welche bearbeitet werden sollen —, so kann man sich dazu eines rechten Winkels bedienen, auf welchem ein Lineal so aufgeschraubt ist, dass die eine Kante den Winkel halbirt, Fig. 26. Legt man den Winkel so an das Arbeitsstück, dass das Lineal auf der Endfläche aufliegt, die Schenkel des rechten Winkels aber den Umfang an je einem Punkte (also tangential) berühren, und zieht mit der Reissnadel am Lineal entlang eine Linie, so bildet diese einen Durchmesser; wiederholt man dasselbe Verfahren in einer andern Lage, so erhält man einen zweiten Durchmesser und im Durchschnittspunkte beider Durchmesser den Mittelpunkt des Kreises.

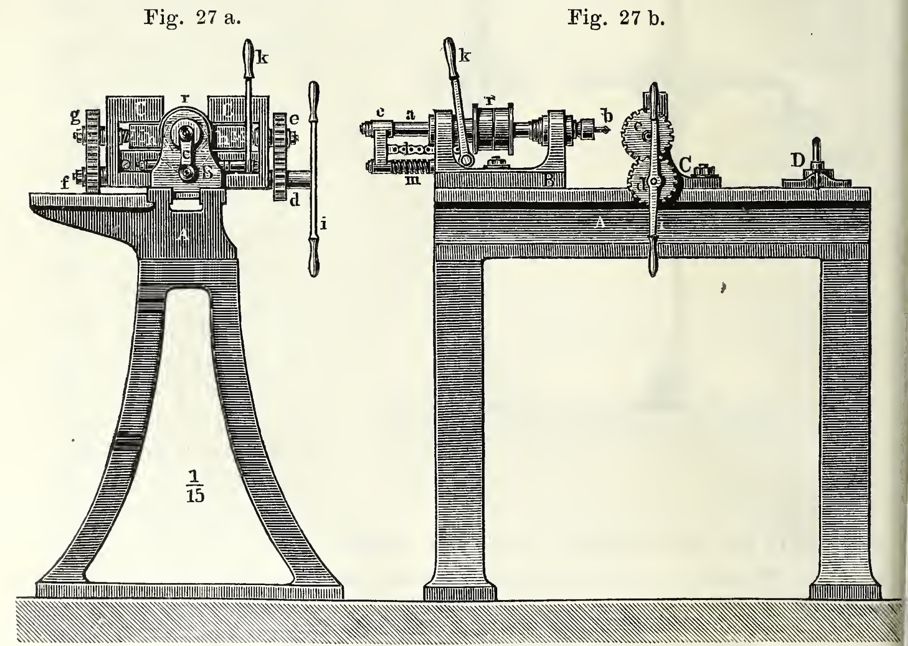
Fig. 26.



In Werkstätten, wo diese Aufgabe häufiger

vorkommt, bedient man sich zur Bestimmung des Mittelpunkts von Wellen, Achsen und ähnlichen Körpern sogenannter **Centrirmaschinen.**

Eine von der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik, vormals Joh. Zimmermann in Chemnitz, gebaute Centrirmaschine zeigen uns die Abbildungen Fig. 27 a und b. Auf dem einen Ende des gusseisernen Bettes *A* ist das Dopellager (Spindelstock) *B* befestigt, und in letzterm ist die schmiedeeiserne Spindel *a* derartig gelagert, dass sie sich horizontal um ein gewisses Maass nach rechts verschieben lässt. An dem in Fig. 27 b rechts liegenden Ende trägt die Spindel eine kleine Bohrspitze *b*, links endigt sie in einem Querstücke *c*, in welchem sie sich frei




drehen kann. Auf der Spindel und mit dieser verschiebbar befindet sich eine Riemenrolle *r*, um sie von einer Transmissionswelle aus in Umdrehung versetzen zu können.

Rechts (Fig. 27 b) von dem Lager *B* ist ein Rahmen *C* befestigt, in welchem sich zwei Gleitstücke *h h* befinden. Jedes dieser Gleitstücke trägt ein Muttergewinde, in welchem eine horizontale Schraube sich dreht; die Schrauben sind mit ihrem glatten Ende im Rahmen *C* fest gelagert, so dass durch Drehung der Schrauben eine Verschiebung der Gleitstücke bewirkt wird, und zwar, da die Schrauben entgegengesetztes Gewinde, aber vollständig gleiche Ganghöhe besitzen, nähern oder entfernen sich die Gleitstücke vollständig symmetrisch, sobald die Schrauben gleichmässig nach derselben Richtung gedreht werden. Diese Drehung der Schrauben wird von dem Doppelhebel *i* aus mit Hülfe der Räder-

paare *de*, *fg* bewirkt, von denen *d* und *f* auf einer gemeinschaftlichen Welle befindlich sind. Die Gleitstücke endigen an ihrer innern Seite in zwei einander zugekehrte gleich grosse stumpfe Winkel ⟨ ⟩, welche gemeinschaftlich zum Festhalten des dazwischen geschobenen Arbeitsstücks dienen. Die Scheitelpunkte dieser Winkel liegen in derselben Horizontalebene mit der Bohrspitze *b* und besitzen in jeder Stellung der Gleitstücke gleichen Abstand von der durch die Bohrspitze in der Richtung der Spindel gelegten Verticalebene. Es ist einleuchtend, dass, wenn ein cylindrischer Körper zwischen die Gleitstücke gelegt und durch Näherung derselben erfasst und in feste Lage gebracht wird, die Achse desselben mit der verlängerten Achse der Spindel *a* und mithin der Bohrspitze zusammenfallen muss. Um das hintere Ende des eingelegten Körpers zu stützen dient das verstellbare kleine Lager *D*.

Drückt man nun, nachdem die Spindel *a* in Umdrehung versetzt worden ist, nach dem Einlegen des zu centrirenden Körpers die Bohrspitze *b* gegen die Endfläche desselben, indem man den Hebel *k* und somit durch Vermittelung des Kettchens *l* und des Querstücks *c* die Spindel *a* nach rechts verschiebt, so wird die Bohrspitze genau in der Mitte der Endfläche eine kleine kegelförmige Vertiefung bohren und dadurch die Mitte bezeichnen. Lässt man den Hebel *k* los, so schiebt die Spiralfeder den Apparat sofort in die frühere Stellung zurück.

Literatur über Geräthe zum Messen, Anzeichnen etc.:

Karmarsch, Mechanische Technologie, 5. Aufl., I. Band, S. 231 ff.
Hoyer, Mechanische Technologie, S. 58 ff.
Prechtl, Technologische Encyclopädie. Stuttgart und Wien 1830 bis 1869, die betreffenden Artikel.

Ueber Theilmaschinen, welche hier nicht beschrieben wurden, siehe auch
Rühlmann, Maschinenlehre, I. Bd., 2. Aufl., Braunschweig 1875, S. 248.

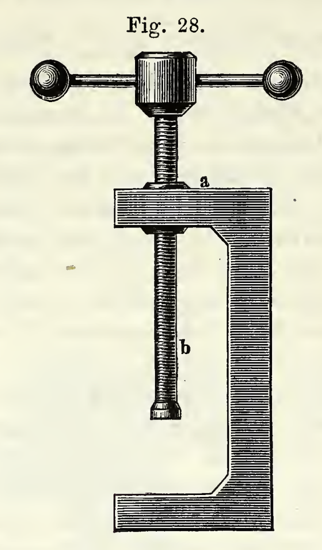
## 3. Geräthe zum Festhalten.

Bei jeder Gattung von Metallarbeiten tritt mehr oder minder häufig die Nothwendigkeit ein, Gegenstände für kurze Zeit in unverrückbarer Lage festzuhalten, sei es das Arbeitsstück selbst (z. B. beim Befeilen), oder seien es andere zur Arbeit in Beziehung stehende Apparate.

Das einfachste Geräth hierzu ist die Schraubenzwinge, Fig. 28 (a. f. S.). Dieselbe wird durch einen U-förmigen Bügel aus Holz oder für Metallarbeiter häufiger aus Eisen gebildet. In dem Schenkel *a* ist ein Loch mit Gewinde eingeschnitten, um eine Schraube *b* aufzunehmen, welche bei ihrer Drehung das Arbeitsstück zwischen sich und dem andern Schenkel erfasst.

Um an einer bestimmten Stelle, z. B. an dem Arbeitstische des Metallarbeiters, Arbeitsstücke in bestimmter Lage einzuspannen, ist der Schraubstock das am häufigsten benutzte Geräth. Jeder Schraubstock besteht im Wesentlichen aus zwei Backen, die sich mit Hülfe einer Schraube öffnen und schliessen lassen und zwischen sich das Arbeitsstück fassen. Geschieht das Oeffnen durch Drehung, wie in Fig. 29 a und b, so heisst der Schraubstock Zangenschraubstock. Es ist hier *A* eine bewegliche Backe, drehbar um den Bolzen *a*, *B* ist eine feste Backe. Beide Backen zusammen bilden das Maul des Schraubstockes. Die Backen sind aus Schmiedeeisen gefertigt; die einander zugekehrten Flächen des Mauls sind verstahlt und feilenartig aufgehauen, um die dazwischen geklemmten Gegenstände fester zu halten. Wenn der Schraubstock ganz geschlossen ist, so divergiren diese Flächen etwas nach unten; man bezweckt hierdurch eine mehr parallele Stellung der Flächen, sobald der Schraubstock geöffnet wird, um einen Gegenstand zu erfassen. Durch eine Oeffnung der vordern Backe *A* geht die Schraube *b* hindurch, deren Drehung mit Hülfe des Hebels oder Schlüssels *c* erfolgt. Das andere Ende der Schraube dreht sich in der langen Hülse *d*, welche entweder selbst mit Muttergewinde versehen ist oder in deren Oeffnung man eine aus Rothguss gefertigte Schraubenmutter eingelöthet hat. An der festen Backe ist schlieslich die Feder *e* befestigt und drückt gegen die vordere Backe. Wird nun die Schraube nach aussen gedreht, so folgt in Folge des Druckes dieser Feder die Backe nach und das Maul öffnet sich; wird die Schraube einwärts gedreht, so wird die Feder zusammengedrückt und das Maul schliesst sich. Als Verbindungstheile zwischen beiden Backen dienen die starken Blechplatten *C*, welche an der hintern Backe befestigt sind und in welchen der Bolzen *a* seine feste Auflage hat.

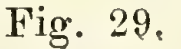
Fig. 28.

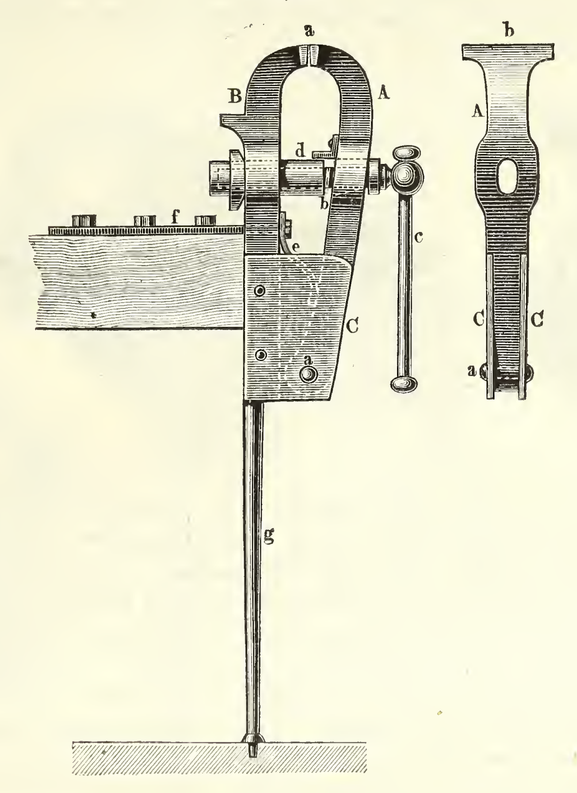



Damit die Schraube beim Oeffnen der Backe *A* stets eine normale Richtung gegen dieselbe behalte, ist einestheils die Durchgangsöffnung für die Schraube in der Backe *A* länglich geformt, wie aus Fig. 29 b ersichtlich ist, anderntheils sitzt die Hülse *d* nicht fest, sondern hat soviel Spielraum in der Backe *B*, um ihre Richtung etwas ändern zu können, und ist nur durch eine einspringende Nase oder Leiste vor dem Drehen gesichert.

Zur Befestigung des Schraubstocks am Arbeitstische dient einestheils die an der festen Backe befindliche Scheere *f*, ein flaches Eisenstück,

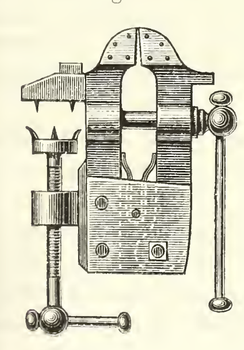
welches mit Schrauben am Holze befestigt ist, anderntheils der in den Fussboden tretende Fuss *g*. Bei kleineren Schraubstöcken fehlt letzterer


Fig. 29.




und wird durch eine Nase an der Rückseite der festen Backe ersetzt, die in das Holz eingelassen wird; oder man versieht den Schraubstock mit einer Art Schraubenzwinge, die ihn am Tische festhält wie in Fig. 30.

Fig. 30.

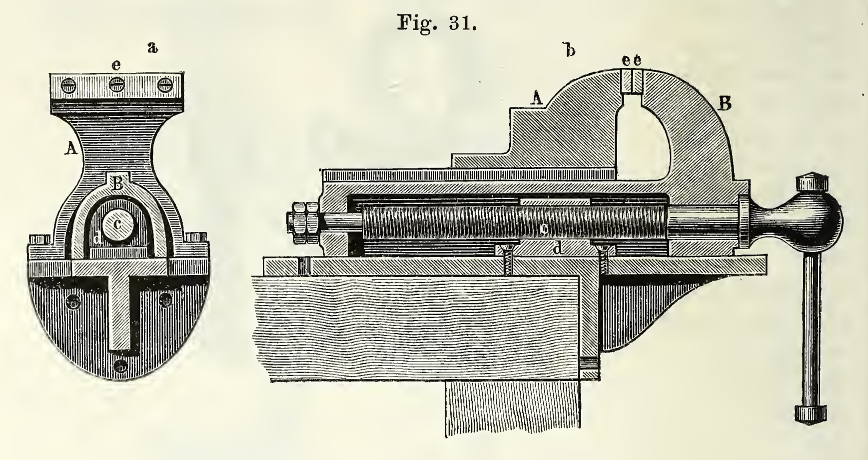


Die Grösse der Zangenschraubstöcke ist, dem Zwecke, dem sie dienen sollen, entsprechend, eine sehr verschiedene. Die kleinsten Schraubstöcke der Goldarbeiter, Uhrmacher, Mechaniker haben kaum 1 Kilo Gewicht; die grössten Schraubstöcke für sehr grobe Arbeiten haben ein Gewicht bis zu 100 Kilo.

Die Zangenschraubstöcke haben den Uebelstand, dass die Flächen des Mauls nur in einer einzigen Stellung vollständig parallel stehen und beim weitern Oeffnen immer mehr divergiren, das Arbeitsstück also bei grosser Oeffnung nur noch mit den Kanten fassen. Dieser

besonders beim Einspannen grosser Arbeitsstücke lästige Umstand wird beim Parallelschraubstocke vermieden, dessen bewegliche Backe statt der bogenförmigen Bewegung eine geradlinige besitzt. In Fig. 31 a und b, welche die Construction eines solchen Parallelschraubstocks darstellt, ist

Fig. 31.




*A* die feste, *B* die bewegliche Backe, *c* eine mit *B* in feste Verbindung gebrachte Schraubenspindel, *d* eine Schraubenmutter, auf der untern Platte festgeschraubt. Es ist leicht einzusehen, wie durch Drehung der Spindel *c* die Backe *B* von *A* entfernt oder gegen *A* genähert werden kann.

*A* und *B* sind aus Gusseisen mit eingesetzten Stahlbacken *ee*; Schraubenspindel und Schlüssel aus Schmiedeeisen. Abweichende Constructionen von Parallelschraubstöcken sind zahlreich. Häufig ist die Backe *A* beweglich und *B* stabil. Man erreicht diesen Zweck einfach dadurch, dass man statt der feststehenden Mutter *d* eine solche in der verschiebbaren Backe *A* anbringt, *B* aber sammt der Spindel vor Verschiebung bewahrt. Letztere Construction dürfte ihrer etwas grösseren Einfachheit halber fast noch häufiger vorkommen, als die oben gezeichnete.

Für kleine Arbeitsstücke, welche man einspannen will, um sie in der Hand halten und beliebig wenden zu können, gebraucht man statt des Schraubstocks den Feilkloben, Fig. 32. Derselbe hat Aehnlichkeit mit einem Zangenschraubstocke; seine Länge beträgt 70 bis 150 Millimeter. Man unterscheidet schmalmaulige und breitmaulige Feilkloben, je nachdem die Backen schmal oder breit sind.

Sehr kleine Feilkloben versieht man mit einem Stiele zum Anfassen und nennt sie Stielkloben; sehr grosse befestigt man nach Art eines kleinen Schraubstocks am Tische und nennt sie Tischkloben.

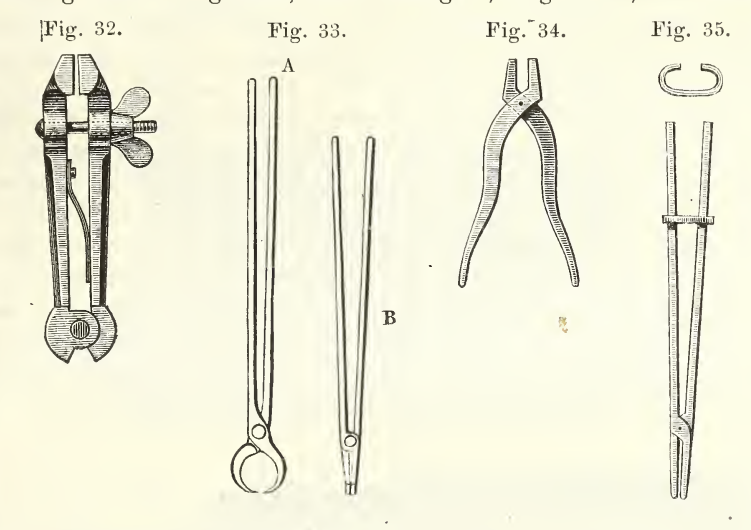
Eine letzte Gattung von Geräthen zum Festhalten bilden die Zangen.

Alle Zangen stimmen darin überein, dass der festzuhaltende Gegenstand durch zwei Schenkel ergriffen wird, welche sich durch Drehung um eine gemeinschaftliche Achse öffnen und schliessen lassen. In Form und Grösse aber zeigen sie erhebliche Abweichungen.

Die kleinste Art der Zangen, zum Ergreifen ganz zarter Gegenstände bestimmt, wird durch die bekannten Pinzetten gebildet, nach dem Principe des einarmigen Hebels construirt. Der Druck des Fingers wirkt in einem kürzern Abstande vom Drehungspunkte als der Gegendruck des mit den Spitzen der Pinzette zu erfassenden Körpers, wird also nur in dem Verhältnisse der Länge dieser Abstände übertragen.

Alle übrigen Zangen entsprechen dem zweiarmigen Hebel. Der Druck der Hand wirkt an den längeren Hebelsarmen, mit den zwei kürzeren wird das Arbeitsstück erfasst. Man nennt die längeren Hebelsarme Griffe oder Schenkel, die kürzeren Backen, und beide Backen zusammen bilden das Maul.

Nach Form des Mauls unterscheidet man Beiss- oder Kneipzangen, Fig. 33 A, deren Backen halbkreisförmig gekrümmt sind und schneidenförmig zusammengreifen; Flachzangen, Fig. 33 B, mit flachen




Backen; nach Form der Schenkel unterscheidet man geradschenklige, wie die soeben erwähnten, und krummschenklige, wie in Fig. 34. Die grösseren Zangen pflegen alle geradschenklig zu sein. Um bei diesen, wenn sie das Arbeitsstück längere Zeit gefasst halten sollen, das ermüdende Zusammendrücken der Schenkel mit der Hand zu ersparen, schiebt man einen Ring oder eine Klammer aus Schmiedeeisen, Fig. 35, über die Schenkel und drückt sie dadurch zusammen.

Auch bei Bearbeitung zarter Arbeitsstücke kommen kleine Zangen mit übergeschobenem Ringe in Anwendung, deren Schenkel nach dem Hinaufschieben des Ringes durch eine Feder geöffnet werden. Diese Zangen, welche Schiebzangen genannt werden, dienen als Ersatz des Feilklobens in Fällen, wo durch das Anziehen der Schraubenmutter des letztern eine Beschädigung des schwachen Arbeitsstückes zu befürchten sein würde.

Nach Art der Verwendung unterscheidet man verschiedene Gattungen von Zangen: Schmiedezangen, Walzzangen, Rohrzangen, Drahtzangen und verschiedene andere, deren wir zum Theil bei Besprechung der betreffenden Arbeitsverfahren eingehender zu erwähnen Gelegenheit finden werden.

Literatur über Geräthe zum Festhalten:

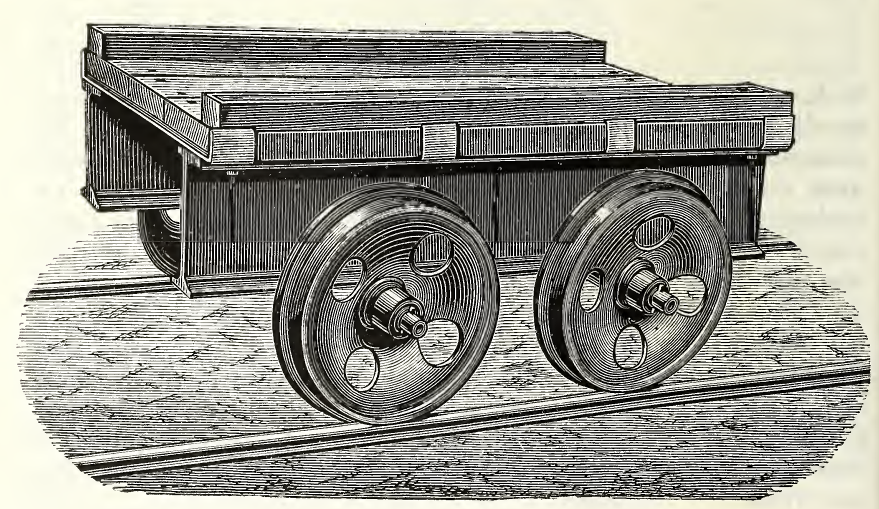
Karmarsch, Mechanische Technologie. 5. Aufl. I. Bd., S. 225 u. ff.
Hoyer, Mechanische Technologie, S. 48 u. ff.
Prechtl, Technologische Encyclopädie, die betreffenden Artikel.

## 4. Geräthe zum Heben und Transportiren der Rohmetalle, Arbeitsstücke etc.

Da die Herstellung eines Gebrauchsgegenstandes selten durch ein einziges Arbeitsverfahren bewirkt wird, sondern meistens eine grössere Anzahl verschiedener, in bestimmter Reihenfolge einander abwechselnder Arbeiten dazu erforderlich ist; da ferner diese verschiedenen Arbeiten oft in getrennten Localen vorgenommen werden müssen; und da endlich auch bei der Arbeit selbst sich öfter sowohl ein Anheben, Umdrehen des Arbeitsstücks, als ein Herbeischaffen von Materialien und schwerer Arbeitsgeräthe, sowie ein Aufstellen der letzteren erforderlich macht, so sind zur Erleichterung dieser Arbeiten verschiedenartige Apparate in Gebrauch.

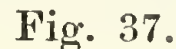
Transportwagen. Zum einfachen Transportiren gebraucht man Wagen oder Karren. In Fabriken, wo schwere Stücke gefertigt werden, pflegt man mehrere starke Wagen, für bestimmte Belastung berechnet, in Bereitschaft zu haben. Dieselben bestehen aus einem Rahmen aus Eisen oder Holz auf starken schmiedeeisernen Achsen ruhend und

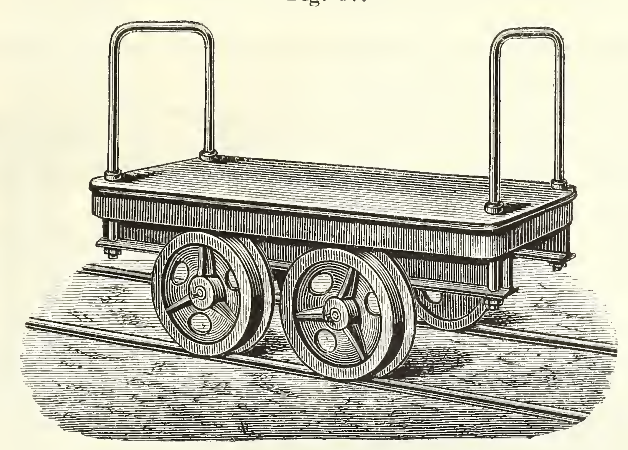
Fig. 36.



von niedrigen Rädern getragen, um das An- und Abheben der zu transportirenden Gegenstände nicht unnöthiger Weise zu erschweren. Damit die Wagen selbst nicht unnöthiger Weise Raum beengen, giebt man ihnen eine nicht zu grosse Oberfläche und legt zur Vergrösserung, wo es nöthig ist, lieber Schienen oder hölzerne Balken auf. Fig. 36 veranschaulicht einen solchen von der Actiengesellschaft Humboldt in Kalk bei Deutz gebauten Wagen, der zum Transport grösserer Gussstücke und dergleichen sehr geeignet ist. Der Rahmen ist aus festem Holze und mit Flacheisen beschlagen; dieser Rahmen ruht auf zwei starken Doppelt-T-Trägern und bewegt sich auf vier gusseisernen Rädern.

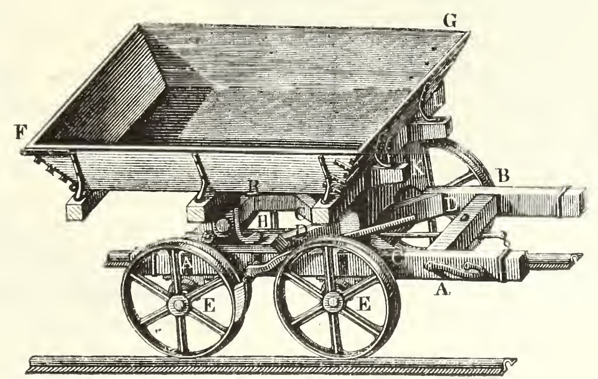
Fig. 37 stellt einen kleinen Wagen aus derselben Fabrik dar, welcher zum Transport von Roheisen u. dergl. bestimmt ist.


Fig. 37.



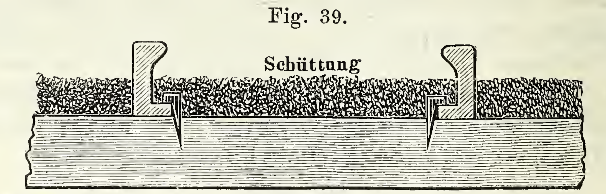
Zum Transporte gewisser Materialien, z. B. von Kokes, Kalkstein u. dergl. können sogenannte Kippwagen, wie sie durch Fig. 38 veranschaulicht werden, recht zweckmässig sein.

Fig. 38.



Wo man einen und denselben grössern Weg vielfach mit beladenen Wagen zurückzulegen hat, empfiehlt sich sehr die Anlage eines Schienengleises, und es müssen dann dementsprechend die Räder der Wagen profilirt sein. Man kann Ausschussschienen von den Walzwerken benutzen; in Eisengiessereien giesst man auch wohl gusseiserne Schienen in Herdguss, die wie in Fig. 39 profilirt sind und befestigt werden. Sogenannte Grubenschienen sind weniger empfehlenswerth, wo grössere Belastungen transportirt werden.

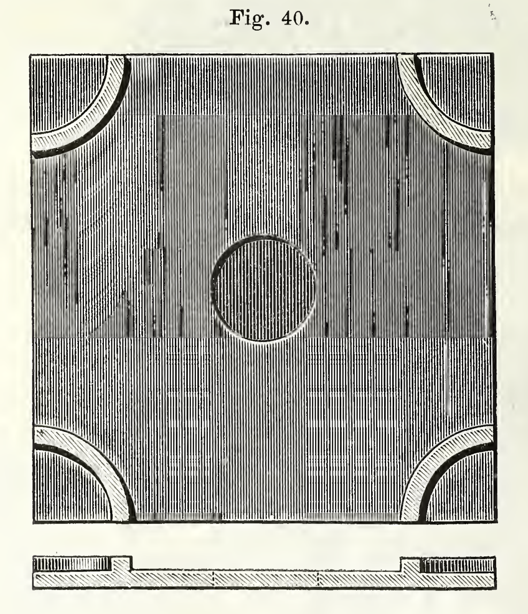
Fig. 39.




Um bei diesen einfachen Eisenbahnen an Wendestellen die immerhin kostspieligen Drehscheiben zu sparen, kann man einfache gegossene Wendeplatten, wie in Fig. 40, einlegen, auf denen der Wagen ohne grosse Anstrengung sich drehen lässt.

Auf sehr grossen Werken kann es vortheilhaft sein, statt der Menschen- oder Pferdekräfte zum Transportiren der Lasten eine eigene Locomotive einzustellen. Selbstverständlich müssen in diesem Falle alle Schienengleise den Regeln des Locomotivenbetriebes entsprechend construirt und mit Drehscheiben an den entsprechenden Stellen versehen sein.

Fig. 40.



**Krahne und Brückenwinden.** Wenn eine Last gehoben und nur innerhalb eines abgegrenzten Raumes transportirt werden soll, so bedient man sich der Krahne und Brückenwinden.

Wir verstehen unter Krahn jede maschinelle Vorrichtung, geeignet, mit geringerm Kraftaufwande eine grössere Last zu heben und auf gewisse Entfernungen zu transportiren, wobei die Last durch einen schräg oder horizontal gerichteten Arm, den **Krahnarm** oder **Ausleger**, getragen

wird. Ist dieser Arm um seinen einen Endpunkt drehbar, so dass dadurch eine Fortbewegung der Last im Kreise ermöglicht wird — wie es fast immer der Fall ist —, so heisst der Krahn Drehkrahn.

Brückenwinde — auch wohl Laufkrahn, Brückenkrahn, Rollkrahn — nennen wir eine auf fahrbarem Hochgerüste, der Laufbühne, angebrachte Windevorrichtung, welche gewöhnlich auf dieser Laufbühne in einer Bewegungsrichtung und mit der Laufbühne in einer zweiten Bewegungsrichtung beweglich ist.

Bei den meisten Krahnen und Brückenwinden erfolgt der Hub durch vereinigte Wirkung des Haspels, der Zahnradübersetzung und des Flaschenzugs. Mindestens zwei dieser Maschinenelemente pflegen an allen Krahnen vertreten zu sein; nur in seltenen Ausnahmen, wo es sich um das Heben und Transportiren geringer Lasten handelt, begnügt man sich mit einem einzigen derselben.

Als Motor dient menschliche Kraft (Handkrahne), Dampf (Dampf-

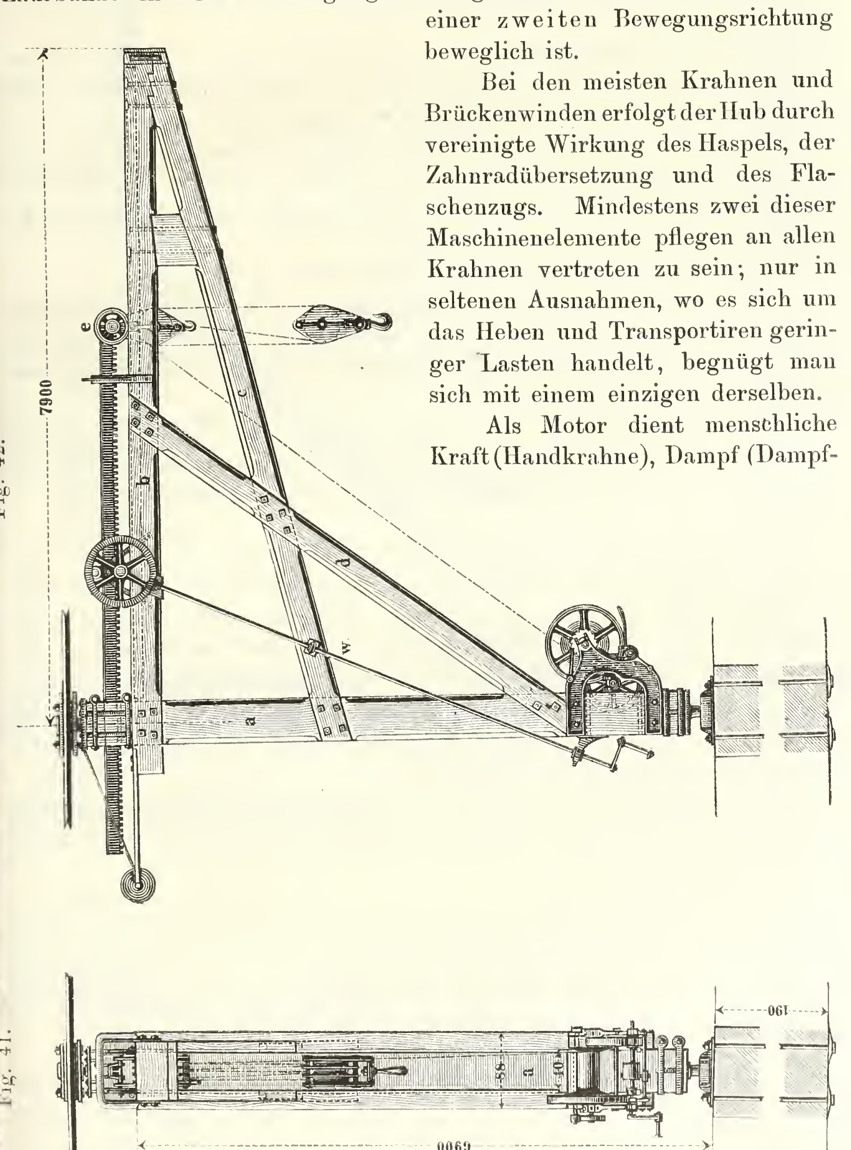



Fig. 42.

Fig. 41.

krahne) oder hydraulischer Druck (hydraulische Krahne). Handkrahne sind die am häufigsten benutzten, hydraulische die seltensten.

Die eigentlichen Krahne mit Ausleger zerfallen in feststehende und bewegliche Krahne.

Unter den feststehenden unterscheidet man Gebäudekrahne und freistehende.

Der Typus eines Gebäudekrahns ist durch die Figuren 41 und 42 (a. v. S.) gegeben[1]).

Die Säule *a* (Krahnsäule, Mönch) ist mit Zapfen an beiden Enden in Theilen des Gebäudes eingelassen und um diese Zapfen drehbar. An derselben ist der wagerechte Ausleger *b* befestigt und durch die Streben *c* und *d* gestützt. Um die am Ausleger hängende Last geradlinig in der Richtung des Auslegers verschieben zu können, ist der zum Anheben dienende Flaschenzug an einem kleinen vierrädrigen Wagen (Katze) aufgehängt und mit diesem verschiebbar.

Die Verschiebung kann in mehrfacher Weise bewirkt werden:

1) durch Verbindung des Wagens mit einer verschiebbaren Zahnstange, welche durch Drehung eines festliegenden Getriebes verschoben wird. Die Drehung des Getriebes erfolgt von einer mit Kurbel versehenen Welle *w* aus (Fig. 42);

2) durch Verbindung der beiden Enden des Wagens mit einem Seile oder einer Kette, welche durch irgend eine einfache Vorrichtung hin- und herbewegt wird und den Wagen nach sich zieht, Fig. 43, 44 und 45;

3) durch ein auf die Verlängerung einer Achse des Wagens gestecktes Kettenrad oder Seilrad mit herabhängender Kette oder Seil ohne Ende, durch dessen Bewegung der Wagen fortgerollt wird, Fig. 46 a und b (a. S. 50). Es ist hier *a* das Kettenrad; auf der Achse desselben sitzen die Getrieberäder *bb*, welche sich auf den festliegenden Zahnstangen *cc* drehen und dadurch die Fortbewegung der Katze bewirken. *dd* sind die mit ihren Achsen in der Katze gelagerten Rollen für das Seil oder die Kette des Flaschenzugs.

Unter diesen drei Vorrichtungen, welche nur die üblicheren Systeme darstellen, dürfte die in den Figuren 43 bis 45 gegebene die empfehlenswertheste sein.

Um das Aufhängen der Last in der Mittellinie des Auslegers zu bewirken, ist dieser sowie die Streben getheilt und zwischen den beiden Theilen hängt der Flaschenzug mit der Last, wie aus den Figuren 41 bis 45 ersichtlich. Seltener greift ein Bügel, an dem die Last hängt, um den aus einem Stücke bestehenden Ausleger herum.

Zum Anheben dient eine Winde mit Ketten- oder Seiltrommel.

Als Material für diese Art Krahne dient Holz oder Eisen. Gusseisen ist wegen der unvermeidlichen Erschütterungen weniger empfehlenswerth,

---

[1]) Nach den Zeichnungen der „Hütte", Jahrgang 1874, Tafel 2 c.

schmiedeeiserne Krahne dagegen sehr brauchbar, jedoch theurer als hölzerne.

Bei Anwendung von Dampfkraft pflegt man den oder (bei Zwillingsmaschinen) die Dampfcylinder an der Krahnsäule zu befestigen und durch

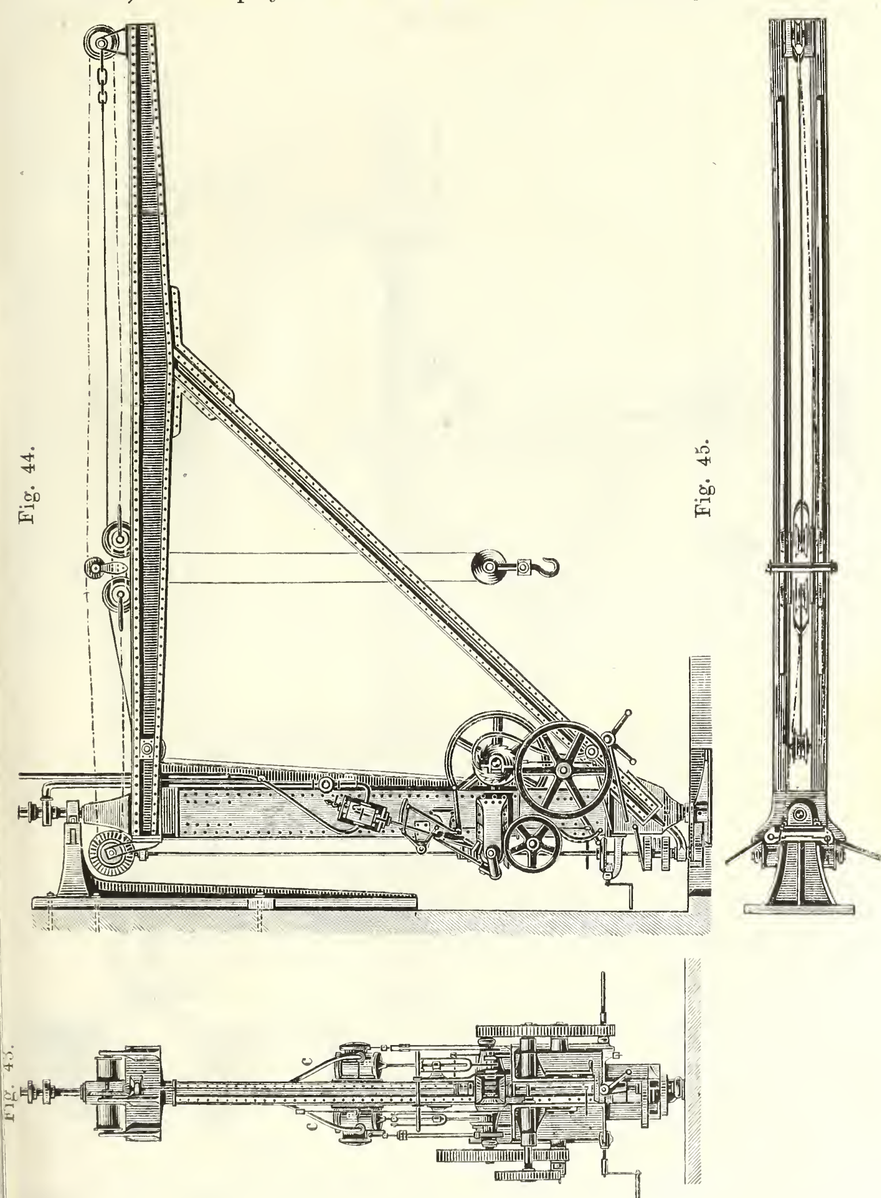
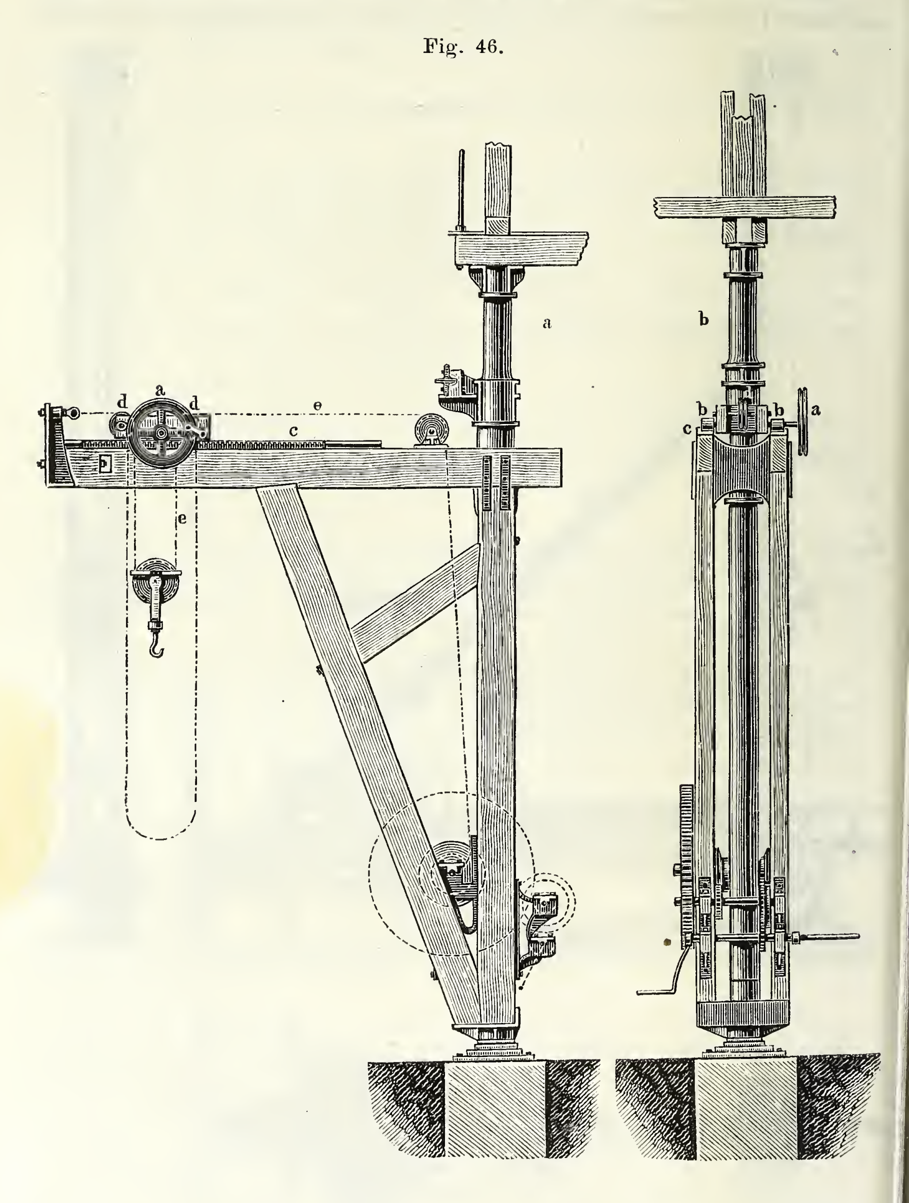



Fig. 44. Fig. 45. Fig. 43.

ein entsprechend gebogenes Dampfleitungsrohr und Stopfbüchse mit der stationären Dampfleitung zu verbinden, wie aus Fig. 43 ersichtlich.

Statt die Krahnsäule um Zapfen drehbar zu machen, kann man auch eine feststehende Säule anwenden, um welche der Krahnarm nebst Strebe allein sich drehen, wie bei dem Krahne in Fig. 46. Die Säule

Fig. 46.




pflegt aus Gusseisen zu bestehen, ist an den Angriffsstellen für Ausleger und Strebe abgedreht und wird von zwei gusseisernen, inwendig ausgedrehten Hülsen mit angegossenen Schuhen umschlossen, in welchen

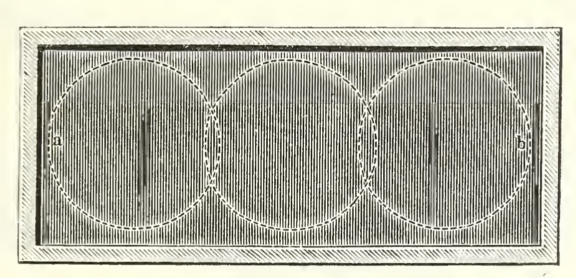
jene befestigt sind. Ausleger und Strebe sind aus Holz oder häufiger aus Schmiedeeisen. Eine derartige Construction ist sehr leicht und in allen Fällen empfehlenswerth, wo gusseiserne Säulen als Bestandtheile des Gebäudes vorhanden sind, auch die Belastung des Krahns nicht sehr hoch ist, weil unter Umständen durch einen Bruch der Säule das ganze Gebäude gefährdet werden kann.

Solche Krahne für Belastungen bis 5000 Kilogramm haben sich in grösseren Giessereien und Montirwerkstätten (Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik, Sächsische Maschinenfabrik in Chemnitz, Kölnische Maschinenbaugesellschaft in Bayenthal, Berliner Maschinenbauactiengesellschaft und andere) als höchst zweckmässig erwiesen.

Unter allen Krahngattungen sind die Gebäudekrahne für Metallverarbeitung die häufigsten und zweckdienlichsten. Sie bedürfen wenig Fundamentirung, beengen den Platz nicht erheblich und gewähren die Möglichkeit, innerhalb der Kreisfläche, deren Halbmesser durch die Länge des Auslegers gegeben ist, jeden Punkt zu erreichen. Nur allein der kleine Kreis, soweit Krahnsäule und Winde reichen, muss von der Benutzung ausgeschlossen bleiben. Gruppirt man mehrere derartige Krahne zu einem Systeme, indem man ihre Kreise sich berühren lässt, so kann man Lasten auch auf verhältnissmässig weite Entfernungen mit alleiniger Hülfe dieser Krahne transportiren, und bei Anordnung mehrerer Krahne sollte dieser Umstand nie ausser Acht gelassen werden.

Als Beispiel hierfür mag die Skizze Fig. 47 dienen, bei welcher drei Krahne von gleicher Ausladung zusammenwirken und dadurch den Trans-

Fig. 47.




port eines Gegenstandes von einem Ende des Gebäudes bei *a* bis zum andern bei *b* ermöglichen; und Fig. 48 (a. f. S.), bei welcher zwei kleine mit einem grössern Krahne in Zusammenwirkung gebracht sind.

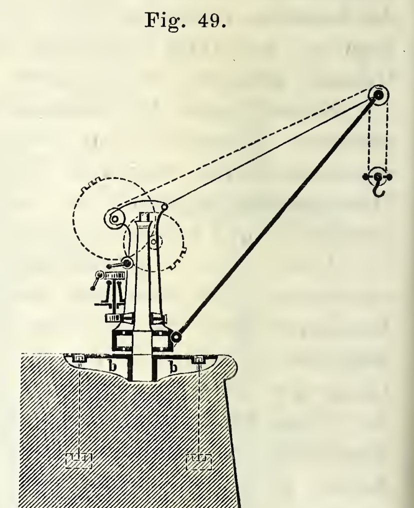
Die allgemeine Anordnung eines freistehenden Krahns ist durch Fig. 49 (a. f. S.) gegeben.

Gegenüber den Gebäudekrahnen haben sie den Nachtheil, dass der Abstand ihres Aufhängepunktes vom Drehpunkte gewöhnlich unveränderlich ist, mithin ihre Wirksamkeit sich auf eine einzige Kreislinie beschränkt. Ein anderer Nachtheil ist das kostspielige Fundament, wodurch die ganze

Anlage erheblich vertheuert wird. Sie finden deshalb nur da Anwendung, wo die Aufstellung eines Gebäudekrahns unmöglich ist, im Freien zum Auf- und Abladen u. dergl.

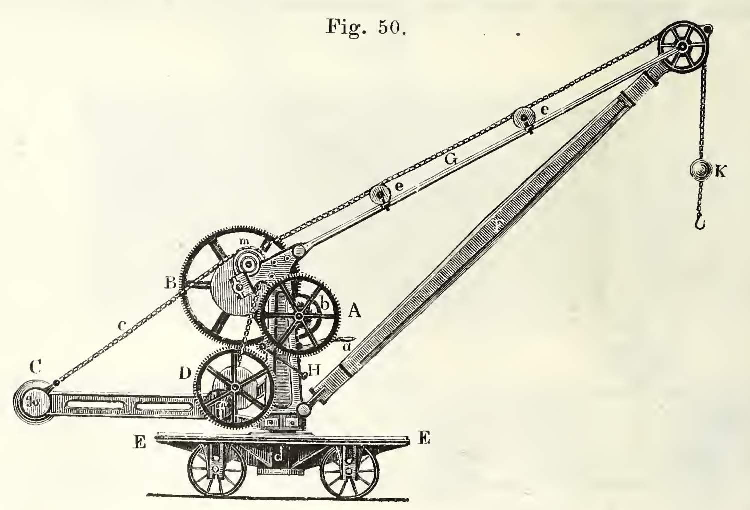
Fig. 48.

Fig. 49.




Die beweglichen Krahne sind in ihrer gewöhnlichsten äussern Form den freistehenden Krahnen ähnlich, wie Fig. 50. Sie haben vor

Fig. 50.

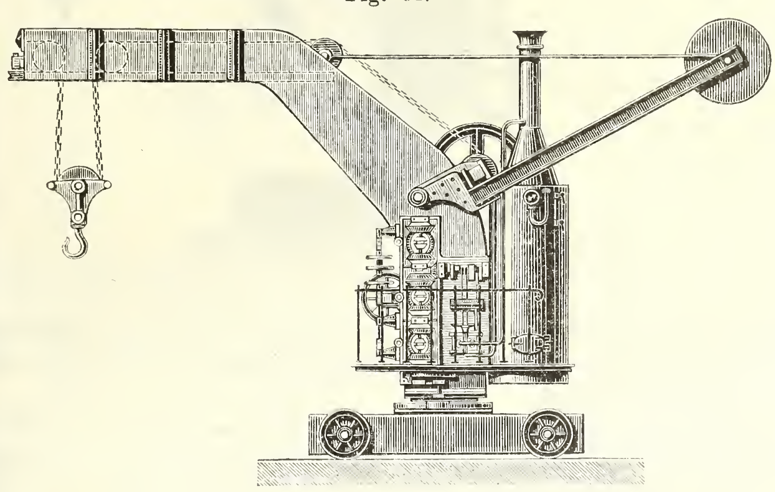



diesen den Vortheil voraus, dass sie, auf einem vierräderigen Wagen ruhend, auf Schienen geradlinig fortbewegt werden und dadurch eine weit grössere Fläche bedienen. Innerhalb der Gebäude wird man sie nur in solchen Fällen anwenden, wenn ein feststehender Gebäudekrahn

sich aus anderen Gründen nicht aufstellen lässt; wohl aber sind sie im Freien geeignet, um auf grösseren Lagerplätzen für schwere Geräthe — z. B. für grosse Formkasten bei Giessereien — diese, wenn sie in Benutzung genommen werden sollen, auf Wagen zu laden, umgekehrt wieder abzuladen, und für ähnliche Zwecke.

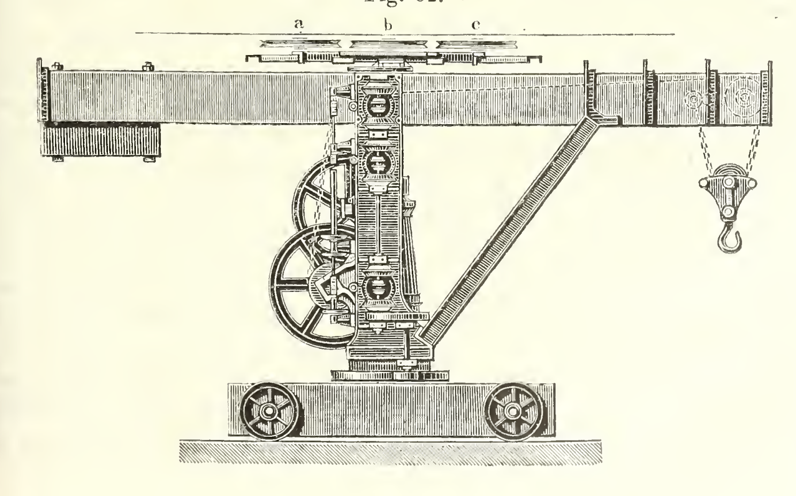
Bei Anwendung von Dampfkraft zum Betriebe dieser freistehenden Krahne stellt man, wenn der Krahn zur Arbeit im Freien bestimmt ist, den Kessel auf den Wagen neben den Krahn und befestigt den Dampfcylinder an letzterm, Fig. 51.

Fig. 51.



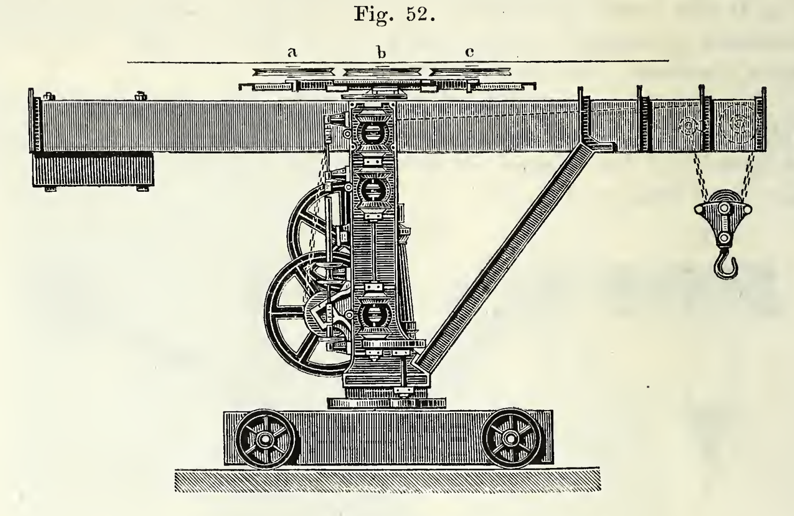
Wird der Krahn dagegen innerhalb eines Gebäudes benutzt, wo eine stationäre Dampfmaschine mit Transmission vorhanden ist, Fig. 52, so betreibt

Fig. 52.



man den Krahn lieber durch ein von der Transmission aus bewegtes Seil ohne Ende (wie in Fig. 52, wo *a*, *b*, *c* die betreffenden Seilscheiben des

Fig. 52.

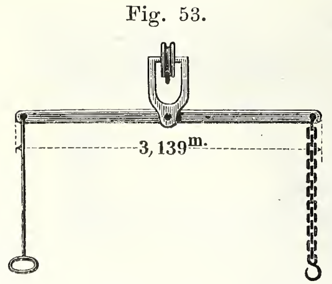



Krahns bedeuten), oder auch durch eine Welle. Wir kommen später auf diese Art der Bewegungsübertragung bei Besprechung der Brückenwinden eingehender zurück.

Es sei noch erwähnt, dass die beiden Skizzen, Figuren 51 und 52, einem Prospecte der Maschinenfabrik von Ludw. Stuckenholz in Wetter a. d. Ruhr entnommen sind. Beide Krahne verdienen durch die eigenthümliche Form des Auslegers Beachtung, welche auch eine Horizontalbewegung der Katze gestattet.

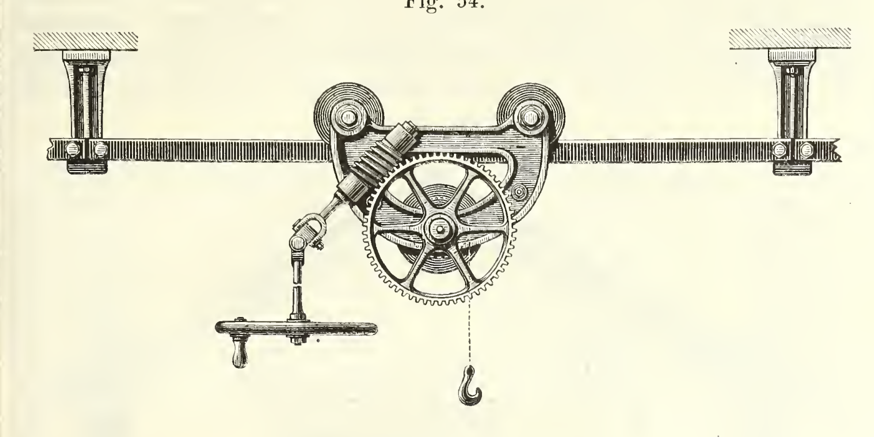
Unter den Hebevorrichtungen, welche auf erhöhter Laufbahn beweglich sind, ist wohl die einfachste die in Fig. 53 skizzirte. Auf einer hochkantig stehenden Eisenschiene läuft die Rolle und trägt vermittelst eines Bügels den aus einem Eisenstabe bestehenden Hebel, an der einen Seite mit Zugstange, an der andern mit Kette versehen, welche zum Aufhängen der Last dient. Eine Kraftersparung beim Heben findet natürlich, so lange der Hebel, wie in Fig. 53, gleicharmig ist, nicht statt; trotzdem kann diese einfache Vorrichtung sich in vielen Fällen recht nützlich erweisen, wenn glühende Gegenstände rasch transportirt werden sollen. Man erfasst dieselben mit einer Zange und hängt diese in die Kette ein, z. B. beim Transporte der Tiegel in Gussstahlgiessereien, grosser Eisenstücke in Walzwerken u. dergl.

Fig. 53.



Die einfachste Form einer eigentlichen Brückenwinde ist die, wenn die Winde nur in einer Richtung beweglich ist. Fig. 54 stellt eine der-

Fig. 54.



artige kleine fahrbare Winde für 1250 Kilo Belastung aus der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik dar, deren Einrichtung ohne Weiteres verständlich sein wird. Zwei schmiedeeiserne parallele Schienen tragen die auf vier Rollen bewegliche Laufkatze.

Derartige kleine Brückenwinden finden mannigfache und zweckmässige Verwendung in allen Werkstätten, wo häufig kleine Lasten zu heben und auf geringe Entfernungen zu transportiren sind, in Schmieden, Schlosserwerkstätten, Drehereien und anderen.

Eine grössere Sorte derartiger, nur in einer Richtung beweglicher Brückenwinden mit Dampfbetrieb findet in vielen neuen Röhrengiessereien Anwendung, um Modelle auszuheben, Abgüsse hoch zu heben u. dergl.

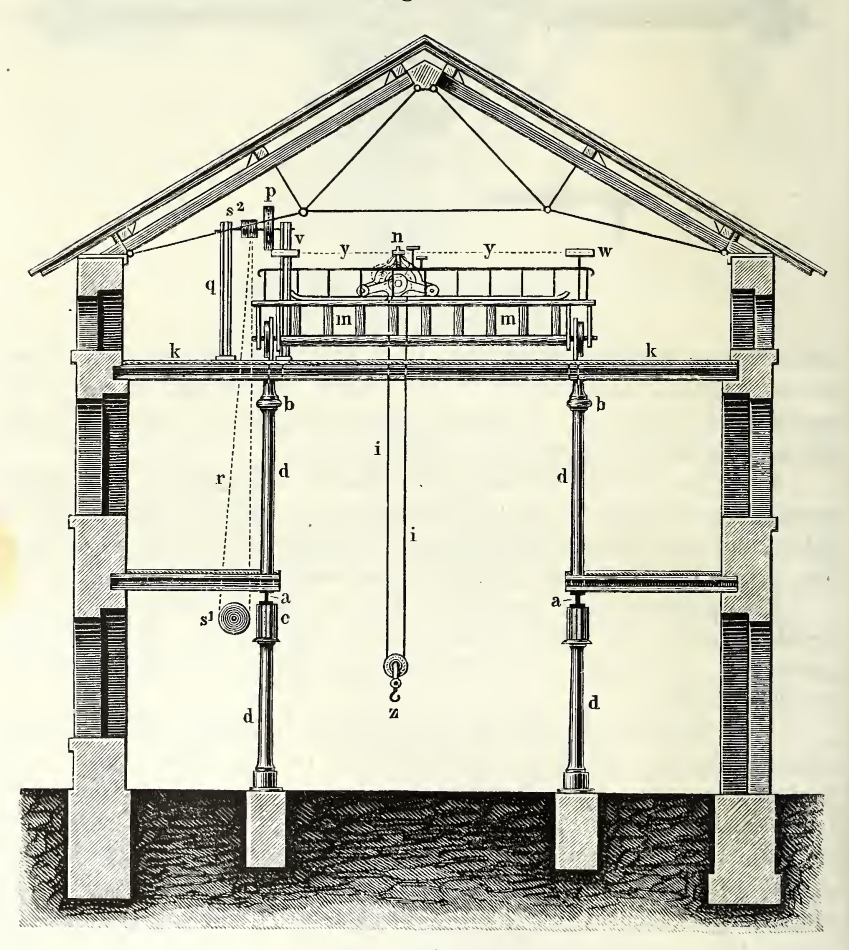
Weit häufiger ist jedoch die Anwendung derjenigen Brückenwinden oder Laufkrahne, bei denen die Laufkatze mit der Winde nach einer Richtung und die ganze Laufbühne sammt der Winde nach einer zweiten normal gegen die Richtung der Katze gerichteten Linie bewegt werden kann. Während die soeben beschriebenen Winden nur eine einzige gerade Linie zu bestreichen vermögen, ist in dem letztern Falle die Möglichkeit gegeben, die ganze Fläche eines Rechtecks zu bedienen, dessen Breite gleich der Breite der Bühne und dessen Länge gleich der Länge der Fahrbahn derselben ist. Letztere aber lässt sich begreiflicherweise soweit ausdehnen, als es die Baulichkeiten überhaupt gestatten.

So einfach dieses Princip im Allgemeinen ist, so verschiedenartig sind die Ausführungen desselben in den Einzelnheiten.

Figuren 55 und 56 (a. f. S.) stellen eine mit Dampf betriebene Brückenwinde in der Montirwerkstatt der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik

dar[1]). Dieselbe ist im Stande, Lasten zu heben, zu senken, in der Längenrichtung und in der Breitenrichtung des Gebäudes fortzubewegen. Die ganze Maschine bewegt sich auf den Eisenbahnschienen *ff*. Die auf dem Fahrgerüste *m* befindliche Winde *n* mit verschiedenen Vorgelegen und Vorrichtungen zum Ein- und Ausrücken ist in der Breitenrichtung des Gebäudes beweglich. Von einer stationären Dampfmaschine wird die

Fig. 55.



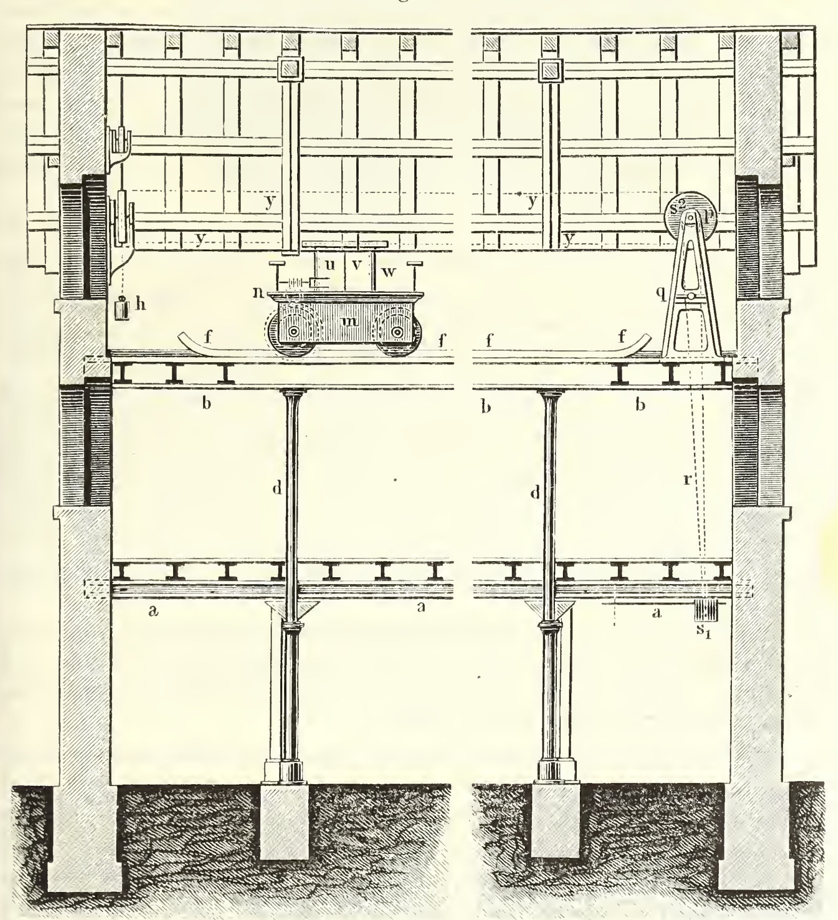

Bewegung zunächst auf eine Riemenscheibe $s_1$, von hier aus durch einen Riemen aufwärts nach der Scheibe $s_2$ übertragen, deren Welle auf den Böcken *q* gelagert ist. Auf derselben Welle mit der Riemenscheibe $s_2$ sitzt die 1 Meter im Durchmesser haltende Schnurscheibe *p*, über welche

---

1) Rühlmann, Maschinenlehre, Braunschweig 1875, IV. Bd., S. 480 ff. Bornemann's Civilingenieur, Bd. XVII (Jeep).

das zum Betriebe des Krahns dienende Seil ohne Ende $y\,y$ gelegt ist, und mit welcher eine zweite eben so grosse Scheibe am andern Ende des Gebäudes correspondirt; $h$ ist eine Spannvorrichtung zum Straffhalten des Seiles. Auf der Fahrbühne werden die Scheiben $v$ und $w$ zur Führung des Treibseiles benutzt, während die Scheibe $u$ die Bewegung des Krahns vermittelt.

Fig. 56.




Die Bühnen der Laufkrahne sind aus Holz oder Schmiedeeisen, seltener aus Gusseisen gebaut. Schmiedeeisen dürfte in den meisten Fällen das geeignetste, wenn auch theuerste Material sein; Gusseisen macht die Construction schwerfällig, besonders wenn die Spannweiten bedeutend sind; Holz ist der Abnutzung ausgesetzt, verringert aber das Gewicht, was bei kleinen, durch Menschenkraft bewegten Bühnen immerhin in Betracht zu ziehen ist.

Der Mechanismus der Bewegungstheile ist ein verhältnissmässig einfacher für Handbetrieb, ein oft recht complicirter für Dampfbetrieb.

Bei Betrieb durch Dampfkraft lässt sich die von einer stationären Dampfmaschine ausgehende Arbeit ebensowohl durch ein Seil ohne Ende (wie in dem gegebenen Beispiele Figuren 55 und 56), als durch eine lange, in der Bewegungsrichtung der Bühne gelagerte, durch eine entsprechende Anzahl schwingender Lager gestützte Welle auf den Laufkrahn übertragen. Ein auf der Welle befindliches Getriebe, welches von einem an der Bühne befindlichen Mitnehmer gezwungen wird, die Längsbewegung derselben mitzumachen, mit einem Schlüssel (Nase, Feder) aber in eine auf die ganze Länge der Welle eingearbeitete Längsnute derartig eingreift, dass es auch während der Verschiebung die Drehungen der Welle mitmacht, treibt die Hauptwelle des Krahns und von dieser aus die verschiedenen Bewegungsmechanismen.

Drei Stück derartige Laufkrahne mit Wellenbetrieb, einer für 500 Ctr., zwei für je 300 Ctr. Belastung, von L. Stuckenholz in Wetter a. d. Ruhr gebaut, befinden sich in der neuen Eisengiesserei der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik zu Chemnitz.

Nach den Beobachtungen des Verfassers dürften Krahne mit Wellenbetrieb denen mit Seilbetrieb im Allgemeinen vorzuziehen sein. Abgesehen von dem grössern Arbeitsverbrauche, den der Leergang bei Seilen unzweifelhaft verursacht [1]), ist ein öfters Schadhaftwerden der Seile in Folge der raschen Bewegung derselben (2 bis 4 Meter per Secunde) und dadurch eintretende Betriebsstörungen unausbleiblich. Auch wenn man die Kosten für den Ersatz oder die Reparatur der Seile unberücksichtigt lässt, können solche Betriebsstörungen recht empfindliche Folgen haben.

Weit seltener als die Uebertragung der Arbeitsleistung einer stationären Maschine durch Welle oder Seil auf den Laufkrahn und auch jedenfalls weniger zweckmässig ist die Aufstellung einer eigenen Maschine mit Kessel auf der Bühne selbst.

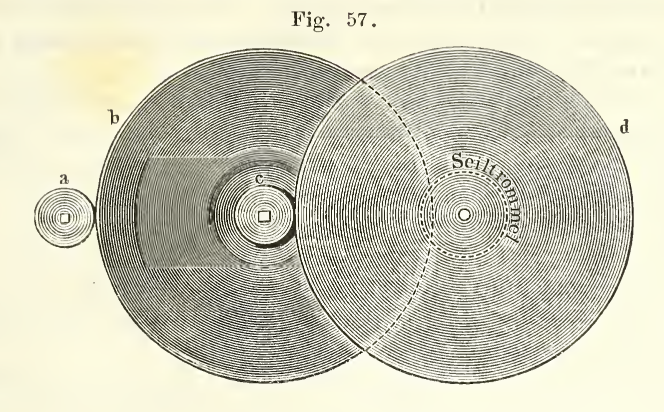
Um bei gleichem Arbeitsaufwande durch eine und dieselbe Hebevorrichtung sowohl schwerere Lasten mit geringer Geschwindigkeit als leichtere Lasten mit grösserer Geschwindigkeit heben und fortbewegen zu können, ohne die normale Geschwindigkeit des Motors (Menschenkraft oder Dampfmaschine) verändern zu müssen, versieht man jede dieser Maschinen mit mindestens zwei verschiedenen, ausrückbaren Getriebesystemen. Bei Krahnen und Winden für Handbetrieb erreicht man diesen Zweck gewöhnlich auf die in Fig. 57 skizzirte Weise; steckt man die Kurbel auf die Welle des Rades *c*, so findet einmalige Uebersetzung

---

[1]) Ueber den Arbeitsverbrauch im Leergang bei Seilbetrieb siehe: Hartig, Versuche über Leistung und Arbeitsverbrauch von Werkzeugmaschinen, Leipzig 1873, S. 43 u. 226. Bei zwei Krahnen mit Seilbetrieb betrug der Arbeitsverbrauch im Leergange 4,18 und 3,04 Pferdestärken.

statt (gewöhnlich annähernd nach dem Verhältnisse 1 : 6); steckt man sie auf die Welle von *a*, so findet zweimalige Uebersetzung statt. Im

Fig. 57.




erstern Falle wird *a* einfach durch seitliche Verschiebung der ganzen Welle ausgerückt.

Die Geschwindigkeit der horizontalen Bewegung wird bei Handbetrieb leicht durch die Hand selbst geregelt; bei Brückenwinden mit Dampfbetrieb und grosser Spannweite richtet man auch für die Horizontalbewegung der Katze bisweilen zwei Geschwindigkeiten ein, während die Bewegung der ganzen Bühne ohnehin nur eine ziemlich langsame sein darf.

Als zweckmässige Geschwindigkeiten der verschiedenen Bewegungen wird man rechnen können:

| | | |
|---|---|---|
| Für den Hub | Maximalgeschwindigkeit | 3,6 m per Minute |
| | Minimalgeschwindigkeit | 0,6 „ „ „ |
| Horizontal-Querbewegung, | maximal | 20 „ „ „ |
| | minimal | 8 „ „ „ |
| Horizontal-Längsbewegung | | 8 „ „ „ |

Häufig tritt aber der Fall ein, dass — besonders bei der Verticalbewegung — eine momentane Verlangsamung der geringsten Normalgeschwindigkeit nöthig wird. Wenn z. B. zwei Theile eines schweren Arbeitsstücks in genau vorgeschriebener Lage auf einander gesetzt werden sollen, wenn ein Modell aus der Gussform gehoben werden soll, wenn Kerne in dieselbe gelegt werden sollen, und in ähnlichen Fällen wird in dem Augenblicke, bevor die Berührung stattfindet, eine sehr langsame Bewegung nöthig, um Beschädigungen des Arbeitsstücks zu verhüten.

Bei Handbetrieb ist eine solche Verlangsamung ohne Schwierigkeit durch langsameres Kurbeln zu erreichen; bei Dampfbetrieb mit stationärer Maschine muss eine geeignete Bremsvorrichtung vorhanden und die Kupplungsvorrichtungen derartig beschaffen sein, dass nur die Bewegung

der Hebevorrichtung gehemmt werden kann, ohne die Geschwindigkeit des Motors zu beeinflussen.

Eine Bremsvorrichtung darf übrigens auch bei Handkrahnen und Winden niemals fehlen, um beim Niederlassen schwerer Lasten der Beschleunigung der Schwere entgegen zu wirken.

Für völligen Stillstand mit schwebender Last — ein Fall, welcher öfter vorkommt — wird die Bremse zweckmässig durch eine Sperrvorrichtung ergänzt, falls nicht die Construction der Winde an und für sich ein selbstthätiges Abrollen der Last unmöglich macht (Betrieb durch Schraube und Schneckenrad).

Hinsichtlich der Einzelheiten in der Construction der verschiedenen Bewegungsmaschinen der Brückenwinden, welche eingehender zu erläutern hier nicht der Ort sein kann, muss auf die unten angegebene Literatur verwiesen werden.

Wenn die Frage zu beantworten ist, ob Drehkrahn oder Brückenwinde für einen vorliegenden Zweck, d. h. zur Unterstützung der Arbeiten innerhalb eines geschlossenen Raumes vortheilhafter sei (von den freistehenden und beweglichen Krahnen, welche nur für besondere Fälle geeignet sind, sehen wir von vornherein ab), so kommen dabei folgende Umstände in Betracht.

Die Vortheile einer Brückenwinde gegenüber einem Drehkrahne sind:

die Möglichkeit, eine grössere Fläche zu bestreichen, wenn die Laufbahn entsprechend weit ausgedehnt wird;

der Wegfall jeder Platzbeengung im Arbeitsraume, während bei einem Drehkrahne eine Fläche von ungefähr $1^1/_2$ Meter Durchmesser, die von der Säule und Winde eingenommen wird, für die Arbeit unbenutzt bleiben muss.

Diesen Lichtseiten der Brückenwinden stehen aber auch Schattenseiten gegenüber.

Je länger der Raum ist, welcher von der Brückenwinde bedient werden soll, desto grösser ist der Arbeitsaufwand und Zeitverlust, um sie von einem Ende dieses Raumes zum andern zu transportiren. Je häufiger dieselbe daher benutzt werden soll, auf einen desto kleinern Raum darf ihre Thätigkeit sich erstrecken.

Die Herstellung der Laufbahn in ausreichender Höhe beeinflusst gewöhnlich die Gebäudeconstruction in erheblicher Weise und vertheuert die ganze Anlage nicht unerheblich.

Die Bedienung einer Brückenwinde pflegt umständlicher als die eines Drehkrahns zu sein, selbst in solchen Fällen, wo die Bewegung vom Boden des Arbeitslocals aus mit Hülfe von Kettenrädern mit endlosen Ketten — also durch Menschenkraft — erfolgen kann, was jedoch nur bei den kleinsten Brückenwinden ausführbar sein dürfte. Geschieht die Bedienung von oben, so ist der totale Arbeitsaufwand und Zeitverlust schon in Folge des

nothwendigen Hinauf- und Hinabsteigens der Arbeiter ein grösserer. Je öfter dieses Auf- und Absteigen erfolgt, d. h. je öfter der Krahn ausser Thätigkeit kommt und die zur Bedienung desselben erforderlichen Arbeiter sich anderweitig beschäftigen (was bei Drehkrahnen sehr leicht zu erreichen ist), desto grösser ist der Zeitverlust.

Der Vortheil des grössern Wirkungsfeldes einer Brückenwinde für das Fortschaffen von Lasten lässt sich annähernd, wie früher gezeigt, auch durch ein System mehrerer Drehkrahne erreichen, deren Anlagekosten in Summa oft diejenigen einer einzigen Brückenwinde nicht übersteigen dürften.

Wenn es sich also darum handelt, entweder eine oder die andere Vorrichtung zu wählen, wird man sich nur dann für eine Brückenwinde entscheiden, wenn es die Hauptaufgabe ist, im Arbeitslocale einen durchaus unbeengten grössern Raum zu schaffen, dessen gesammte Grundfläche von der Hebevorrichtung bestrichen werden kann. Dieser Fall kommt z. B. in Montirungsräumen vor, wo Drehkrahne im Wege stehen und das öfter vorkommende Fortschaffen der Lasten auf längere Entfernungen nur in umständlicherer Weise ausführen würden.

Wo dagegen eine leichte, durch den Metallarbeiter selbst auszuführende Bedienung die Hauptsache ist, und wo der Kostenpunkt der Anlage mitspricht, z. B. in kleinen Giessereien, wird man meistens den Drehkrahn vorziehen.

Recht zweckmässig aber kann für grosse Fabriken, insbesondere Giessereien, bei deren Anlage auf Vertheuerung der baulichen Anlagen weniger Rücksicht genommen zu werden braucht, die jetzt vielfach angewendete Einrichtung sein, bei welcher man die Arbeit kleinerer Drehkrahne durch eine oder mehrere grosse Brückenwinden unterstützt und ergänzt, derartig, dass erstere für die kleineren fortlaufenden Arbeiten an bestimmten Plätzen, letztere zum Transportiren grosser Lasten auf weitere Entfernungen benutzt werden. Die zum Tragen der Laufbahn für die Brückenwinde dienenden Säulen bilden in diesem Falle zugleich die Stützen der Drehkrahne.

Aus Fig. 58 (a. f. S.), welche den Querschnitt der schon erwähnten Giesserei der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik in $^1/_{360}$ der wirklichen Grösse darstellt, ist eine solche Anordnung ersichtlich. Es ist hier $A$ der Laufkrahn mit Wellenbetrieb, $BB$ die Drehkrahne.

Auch die Frage, ob Menschenkraft oder Dampfkraft für die Anlage eines oder mehrerer Krahne oder Brückenwinden in Betracht zu ziehen sei, kann mannigfachen Erwägungen unterliegen.

Wenn es anerkannt ist, dass ein Betrieb mit Dampfkraft im Allgemeinen gegenüber der Anwendung menschlicher Arbeit um so vortheilhafter erscheint, je vollständiger die Ausnutzung der Dampfmaschinenanlage und je grösser die zu leistende Arbeit ist, so erscheint diese That-

sache in doppelt hellem Lichte, wenn Dampfkraft für Krahn- und Windenbetrieb angewendet werden soll.

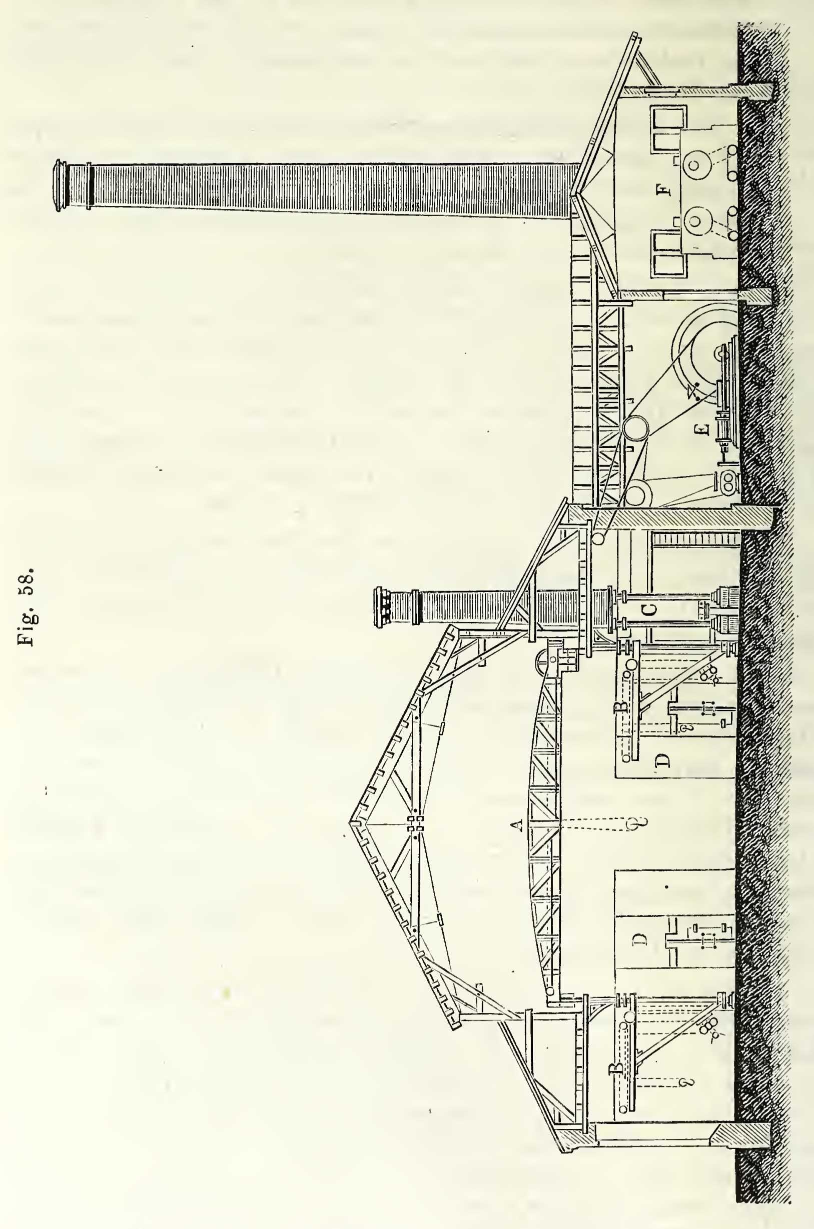



Fig. 58.

Der Mechanismus der Maschine wird complicirter, die Bedienung schwieriger, die Reparaturen häufiger, die Unterhaltungskosten höher. Der Unterschied dieser Verhältnisse tritt um so greller hervor, je einfacher

die Construction und Bedienung bei dem Handbetriebe sein würde. Aus diesem Grunde finden wir die an und für sich einfachen stabilen Drehkrahne für Handbetrieb, deren Bedienung durch den arbeitenden Handwerker selbst geschehen kann, nur selten durch Drehkrahne mit Dampfbetrieb ersetzt. Nur in Fällen, wo die Anzahl der bei der Verarbeitung des Metalls beschäftigten Arbeiter zur Bedienung des Krahns nicht ausreicht, oder wo sich die erforderliche Leistung des Krahns auf solche Zeitabschnitte concentrirt, in denen jene Arbeiter ihre Kräfte gerade der eigentlichen Verarbeitung des Metalls zuwenden müssen, mithin die Anstellung besonderer Krahnarbeiter erforderlich sein würde, kann die Anwendung von Dampfkraft für feststehende Krahne erspriesslich sein. So in grossen Schmiedewerkstätten, beispielsweise für Gussstahlblöcke, wo der Krahn das schwere Arbeitsstück zu heben und zu wenden hat, während es bearbeitet wird, wo es dann rasch vom Hammer in den Ofen und aus dem Ofen unter den Hammer geschafft werden muss, und in ähnlichen Fällen.

Häufiger begegnen wir der Anwendung von Dampfkraft bei dem Betriebe der Brückenwinden, deren Bedienung, wie erwähnt, auch bei Handbetrieb schwieriger zu sein pflegt, als die der feststehenden Krahne. Je unausgesetzter die Brückenwinde in Thätigkeit ist, je schwerer die damit zu hebenden und transportirenden Lasten sind, als desto vortheilhafter wird sich ein Betrieb mit Dampfkraft herausstellen. Denn auch hierbei darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Anlagekosten durch Einrichtung für den Betrieb mit Dampf erheblich wachsen; dass zur Führung der Dampfwinde mindestens ein erfahrener Mann erforderlich ist, welcher seine ganze Zeit dieser Obliegenheit widmen muss, abgesehen von den zur Bedienung des Kessels und der Betriebsdampfmaschine erforderlichen Leuten; dass endlich die Gesammtkosten für Schmiermaterial, Ersatzstücke an den Theilen der Maschine und Transmission höher ausfallen, als bei dem einfachern Betriebe durch Menschenkraft.

Man kann daher als Endresultat dieser Erwägungen und der aus der Wirklichkeit entnommenen Erfahrungen den Schluss ziehen:

dass für kleine Anlagen der Betrieb der Krahne und Winden durch Menschenkraft fast ohne Ausnahme den Vorzug verdient;

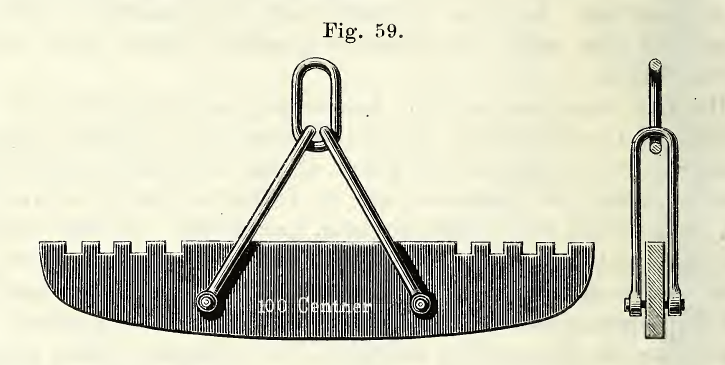
dass für Anlagen mittlerer Grösse auch in den meisten Fällen sich Menschenkraft als die billigere herausstellen wird;

dass für grosse Anlagen Dampfkraft zur Förderung der Arbeit beitragen, dadurch indirect ersparend wirken und aus diesem Grunde zweckmässig sein kann, eine directe Ersparung aber kaum dadurch erreicht werden wird.

Wenn man lange Gegenstände in horizontaler Lage emporzuziehen, niederzulassen und fortzubewegen hat — ein Fall, welcher besonders in Giessereien häufig vorkommt —, so würde das Aufhängen dieser langen Arbeitsstücke unmittelbar an dem Haken des Krahns oder der Winde Unbequemlichkeiten verursachen und die horizontale Lage schwierig zu erhalten sein. Man hängt in solchen Fällen zwischen Krahnhaken und Arbeitsstück ein Zwischenstück ein, welches Balancier genannt wird und besonders in Giessereien ein unentbehrliches Ergänzungsstück zu den Krahnen und Winden bildet.

Die Figuren 59 und 60 veranschaulichen die üblichste Form solcher Balanciers; sie werden gewöhnlich aus Eisen gegossen, die Vorrichtung zum Aufhängen natürlich geschmiedet; nur für sehr grosse Lasten fertigt man die Balanciers aus Schmiedeeisen.

Fig. 59.




Bei dem stabilen Gleichgewichtszustande des Balanciers, insbesondere des in Fig. 59 gezeichneten, erträgt derselbe ziemlich ungleichmässige Belastungen, ohne aus der horizontalen Lage gebracht zu werden. Die Einschnitte an der Oberkante dienen zur Verhütung des Gleitens der aufgehängten Last.

Für die Querschnittsberechnung gusseiserner Balanciers kann man folgende Formel anwenden. Wenn

$P$ die gesammte am Balancier hängende Last in Kilogrammen,

$L$ der Abstand eines Angriffspunktes der Last von dem zunächst gelegenen Aufhängepunkte des Balanciers in Metern, Fig. 61,

$b$ die Breite und

$h$ die Höhe des rechtwinkligen Balancierquerschnittes in Centimetern bedeutet, so nehme man für den gefährlichen Querschnitt

$$P = 1{,}6\,\frac{b\,h_2}{L} \text{ oder } b\,h_2 = \frac{P\,.\,L}{1{,}6}.$$

Beispiel. Ein Balancier habe als grösste Last, der Tragfähigkeit des Krahns entsprechend, 2000 Kilo zu tragen; er sei in der Mitte aufgehängt (Fig. 62) und seine ganze Länge (durch die Länge der zu hebenden Arbeitsstücke gegeben) sei 3 m, also $L = 1{,}5$ m, so ist

$$b\,h_2 = \frac{2000\ .\ 1{,}5}{1{,}6} = 1875.$$

Nimmt man nun $b = 4$ cm, so erhält man

$$h_2 = \frac{1875}{4}$$

$$h = 21 \text{ cm.}$$

Um Unglücksfälle durch zu schwere Belastung von Balanciers zu verhüten, deren jede Giesserei eine grössere Anzahl verschiedener Grösse in Bereitschaft zu halten pflegt, sollte man nie versäumen, die zulässige Belastung eines jeden derselben mit grossen Schriftzeichen auf denselben aufzugiessen (siehe die Figuren 59 und 60).

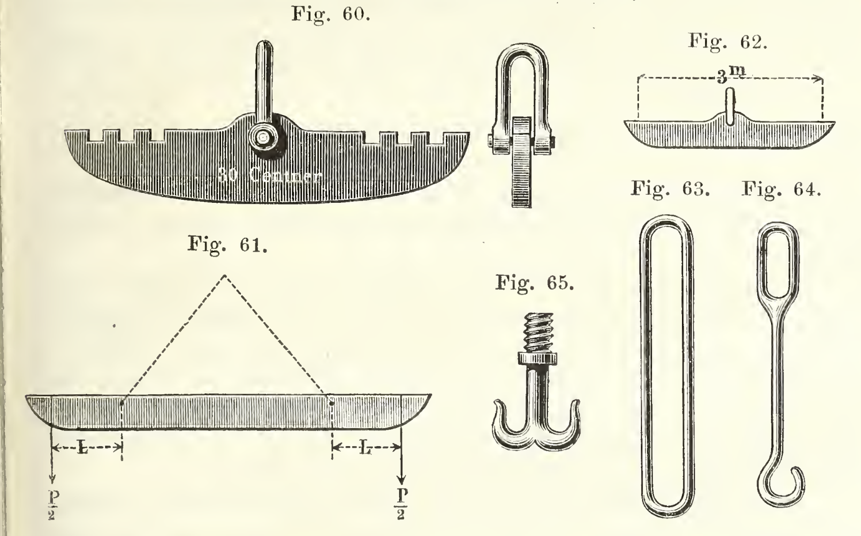


Fig. 60. Fig. 61. Fig. 62. Fig. 63. Fig. 64. Fig. 65.

Zum Aufhängen der Last am Balancier dienen sogenannte Krahngehänge, kurze Seile ohne Ende aus Hanf oder Draht, oder auch entsprechend gebogene Gehänge aus Schmiedeeisen, Figuren 63 und 64.

Da die Balanciers (wie auch manche andere Geräthe der Metallverarbeitung) nur einen einzigen Aufhängepunkt zur Befestigung am Flaschenzuge des Krahns oder der Winde besitzen, so ist die Anwendung von Doppelhaken, Fig. 64, die für andere Zwecke, z. B. für Ladekrahne, recht zweckmässig sein können, für Giessereikrahne und Winden durchaus unzweckmässig, ein Umstand, der von den Constructeuren dieser Maschinen nicht selten unbeachtet gelassen wird.

---

Literatur über Krahne und Brückenwinden:

Weisbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik, Braunschweig 1860, Bd. III.

Rühlmann, Maschinenlehre, Braunschweig 1875, Bd. IV.

Abbildungen ausgeführter Anlagen:

Zeichnungen der Hütte, Jahrgang 1864, Tafel 16 (Giessereikrahn von 200 Ctr. Tragkraft).

Jahrgang 1867, Taf. 3.

Jahrgang 1874, Taf. 2 c.

Jahrgang 1868, Taf. 1 d (Laufbühne der Kölnischen Maschinenbaugesellschaft).

Jahrgang 1860, Taf. 2 a b (Laufkrahn für Handbetrieb von Wedding in Berlin, höchst zweckmässig construirt).

Jahrgang 1868, Taf. 23 a b, Laufkrahn der Montirungswerkstatt von Hoppe in Berlin.

Wiebe, Skizzenbuch, Heft 1, 2, 6, 9, 16.

Le Blanc, Recueil des machines, 4 Partie, Pag. 39 (beweglicher Krahn).

Engineer, Oct. 1867 und Juli 1870 (beweglicher Dampfkrahn mit eigenem Kessel, auch in Rühlmann's Maschinenlehre Bd. IV, S. 472.

Civil-Ingenieur Bd. 17 (Zimmermann'scher Laufkrahn).

---

Aufzüge. Wenn Lasten auf einer und derselben Stelle auf grössere und dabei stets gleiche Höhe gehoben werden sollen, bedient man sich der Aufzüge.

In den Fabriken der Metallverarbeitung werden die Aufzüge angewendet, theils um Geräthe und Materialien in hoch gelegene Aufbewahrungsräume zu schaffen (z. B. die Modelle der Giessereien), theils um schachtförmigen hohen Schmelzöfen (den Cupolöfen der Giessereien) den Bedarf an Schmelzmaterialien zuzuführen. Da die hoch gelegene Einschüttöffnung dieser Oefen „Gicht" genannt wird, so heissen die für diesen besonderen Fall bestimmten Aufzüge Gichtaufzüge.

Diese Gichtaufzüge, als die am meisten gebräuchlichste Gattung der Aufzüge überhaupt, sollen in Folgendem vorzugsweise ins Auge gefasst werden.

Die einfachste Form ist der Handhaspel mit zwei Kurbeln. Die stündliche Leistung eines Arbeiters an einem zweckmässig angelegten Handhaspel ist auf 22 950 Meterkilogramme berechnet.

Dürre weist nicht mit Unrecht darauf hin [1]), dass der Haspel gegenüber dem einfachen Hochziehen am Seile nicht viel Nutzen bringe, weil eine eigentliche Ersparung an Arbeit nicht stattfindet. Der einzige Vortheil des Haspels liegt darin, dass man schwerere Lasten mit einem Male, jedoch immerhin in dem bestimmten Verhältnisse langsamer, emporzuziehen im Stande ist. Dadurch verringert sich die Zahl der leeren Niedergänge, also des unvermeidlichen Zeitverlustes.

Aus diesem Grunde findet man weit häufiger die Anwendung der durch Elementarkraft — meistens Dampfkraft — betriebenen Aufzüge.

---

[1]) Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, Leipzig 1870, I. Bd., S. 648.

Mit den grossen Aufzügen der Hochöfen haben die Gichtaufzüge der Cupolöfen das gemein, dass eine Plattform — Förderschale genannt — zur Aufnahme der Last dient und in geeigneter Weise emporgehoben wird; sie unterscheiden sich von jenen gemeiniglich dadurch, dass sie in Anbetracht geringerer Hubhöhe nur eine einzige Förderschale zu besitzen pflegen, während die Hochofenaufzüge meistens doppelt wirkend, d. h. mit zwei Förderschalen versehen sind, von denen die eine aufsteigt, während die andere sinkt.

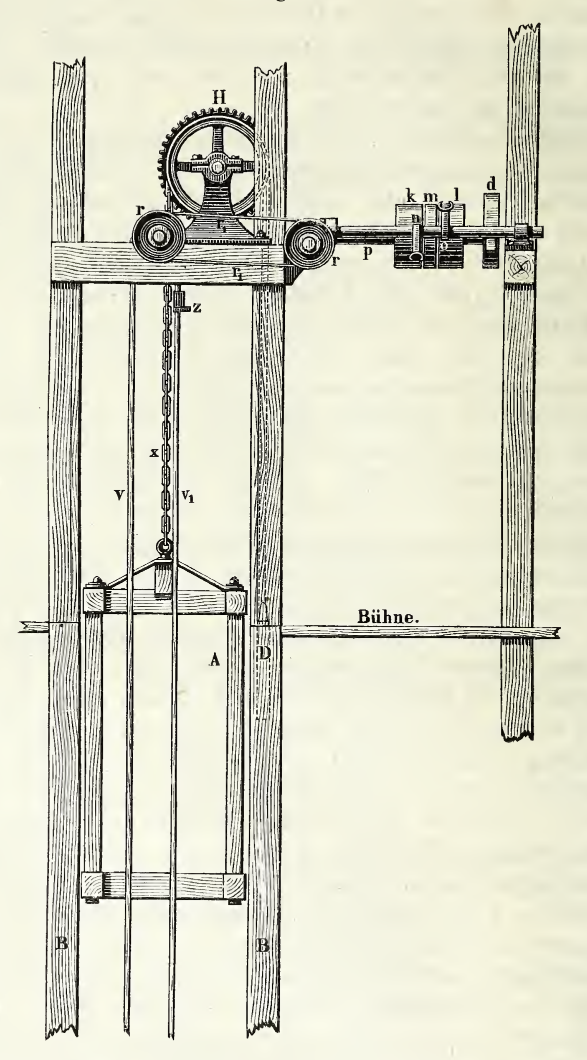
Eine übliche Construction der Gichtaufzüge entsteht, wenn die Förderschale an einem Seile oder einer Kette emporgezogen wird, welches über eine oben befindliche Trommel oder Scheibe geschlungen ist und durch deren Drehung nach rechts oder links aufwärts oder abwärts bewegt wird. Um das Gewicht der Förderschale auszugleichen, empfiehlt sich die Anwendung einer Scheibe (statt der Trommel) und die Belastung des zweiten Endes der Kette oder des Seiles mit einem Gegengewichte. Ist in dem Arbeitslocale eine von einer stationären Dampfmaschine (Wasserrad, Turbine) betriebene Transmissionswelle vorhanden, so wird sich meistens ohne Schwierigkeit ein Anschluss von dieser an die Welle der Seil- oder Kettenscheibe erreichen lassen, so dass der Betrieb des Aufzuges von der Transmission aus bewirkt wird. In den meisten Fällen wird sich eine solche Einrichtung als recht zweckmässig erweisen. Einen derartigen Aufzug stellen die Abbildungen Figuren 66 bis 68 (S. 68 bis 70) in $^1/_{60}$ der wirklichen Grösse dar[1]). Die Förderschale $A$ wird durch die zwei Ketten $x\,x$ getragen und zwischen den vier Führungen $B\,B$.. senkrecht auf und nieder bewegt. Die Ketten gehen über die Kettenräder $C\,C$ und tragen an ihrem andern Ende das Gegengewicht $D$. Von der vorhandenen Transmission aus geht ein offener und ein gekreuzter Riemen nach den Riemenscheiben $k$, $l$, $m$, von denen $k$ und $l$ lose, $m$ fest auf der horizontalen Welle $p$ angebracht sind. Zur Verschiebung der Riemen dienen die Riemengabeln $n$ und $o$. Je nachdem also der eine oder der andere Riemen auf $m$ geschoben wird, erfolgt Drehung nach einer oder der andern Seite; Stillstand tritt ein, wenn, wie in Fig. 66, beide Riemen auf den Losscheiben laufen. Auf der Verlängerung der Welle $p$ befindet sich die Schnecke $q$ und überträgt die Bewegung auf das Schneckenrad $H$, welches auf der Welle der Kettenscheibe befestigt ist, somit auch diese in Umdrehung versetzt und dadurch die Förderschale hebt oder senkt.

Die Ein- und Ausrückung erfolgt in folgender Weise. Ueber das verzahnte Rädchen $s$ ist eine kurze Kette gelagert, an deren Enden zwei Stangen $v\,v_1$ herabhängen. Diese Stangen sind so lang wie das Aufzughaus hoch und sind auch unten durch eine Kette verbunden, welche um ein gleiches Zahnrad als $s$ herumgeführt ist. Wenn eine dieser Stangen gehoben oder gesenkt wird, muss die andere sich natürlich in entgegengesetzter Richtung bewegen, und es erfolgt eine entsprechende Drehung

[1]) Von der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik in Chemnitz gebaut.

des Rädchens $s$. Diese Drehung wird durch die zwei kleinen Riemenscheiben $r\,r$ mit dem Riemen $r_1$ auf das verzahnte Rädchen $a$ übertragen (Fig. 68) $a$ greift aber in entsprechende Zähne der Schiene $b$, bewirkt also eine

Fig. 66.

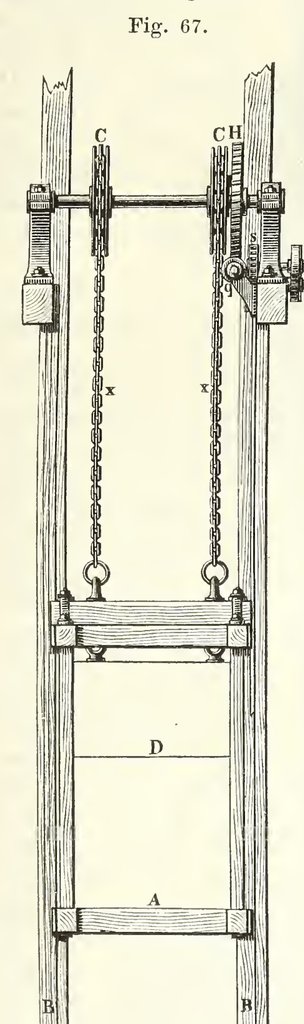



Verschiebung derselben und somit der Riemengabeln $n$ und $o$. Die Einrückung der Riemen für Auf- und Niedergang der Förderschale wird also in einfachster Weise durch die Hand des Arbeiters mit Hülfe der Stangen $v$ und $v_1$ besorgt. Eine selbstthätige Ausrückung des Riemens mit Beendigung des Hubes erfolgt mit Hülfe der Nase $z$ an der Stange $v_1$, welche von der Förderschale ergriffen wird, kurz bevor dieselbe ihren

höchsten Stand erreicht hat, wodurch eine Verschiebung der Stange bewirkt wird. Eine gleiche Vorrichtung am untern Ende der Stange bewirkt Ausrückung bei Beendigung des Niedergangs.

Endlich sitzt noch auf der Riemenscheibenwelle *p* eine Bremsscheibe *f* mit darüber liegendem Bremsbande *d*. Das eine Ende dieses Bremsbandes ist an dem Lagerstuhle der Welle, das andere an der Schiene *e* befestigt (Fig. 68, a. f. S.). Diese Schiene dreht sich mit einem Ende in einem Scharnier, das andere ruht auf der excentrischen Scheibe *c*, welche mit dem Rädchen *a* auf derselben Welle sitzt. Die Stellung von *c* ist eine solche, dass in dem Augenblicke, wo die Riemen auf die Losscheibe geschoben werden, die Maschine also zum Stehen kommt, das Bremsband durch Niederfallen der Schiene angezogen wird, es sich aber hebt und die Bremsscheibe freilässt, sobald Einrückung der Riemen erfolgt.

Fig. 67.




Statt der hölzernen Förderschale und Führungsstangen wendet man zweckmässig eiserne Theile an, wenn der Aufzug zur Förderung von Roheisen, Koks und dergleichen, also zur Bedienung von Cupolöfen bestimmt ist.

Wenn eine Transmission nicht vorhanden oder mit dem Aufzuge nicht ohne Schwierigkeit in Verbindung zu bringen ist, wohl aber ein im Betriebe erhaltener Dampfkessel in der Nähe des Aufzuges sich befindet und im Stande ist, den erforderlichen Dampf für den Betrieb des Aufzuges abzugeben, so kann man, wie es bei Hochöfen üblich und durch Fig. 69 (a. f. S.) veranschaulicht ist, eine kleine zum Umsteuern eingerichtete Dampfmaschine ausschliesslich für den Betrieb der am Seile oder an der Kette hängenden Förderschale aufstellen und durch Kurbel und Schubstange die Seilscheibe bewegen.

Bei der geringen Hubhöhe jedoch, welche die Aufzüge für Cupolöfen und mechanische Werkstätten zu besitzen pflegen, dürfte eine derartige Einrichtung weniger zweckmässig sein, als eine solche, bei welcher

Fig. 68.

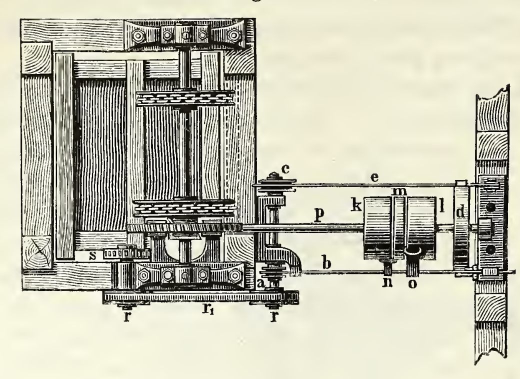
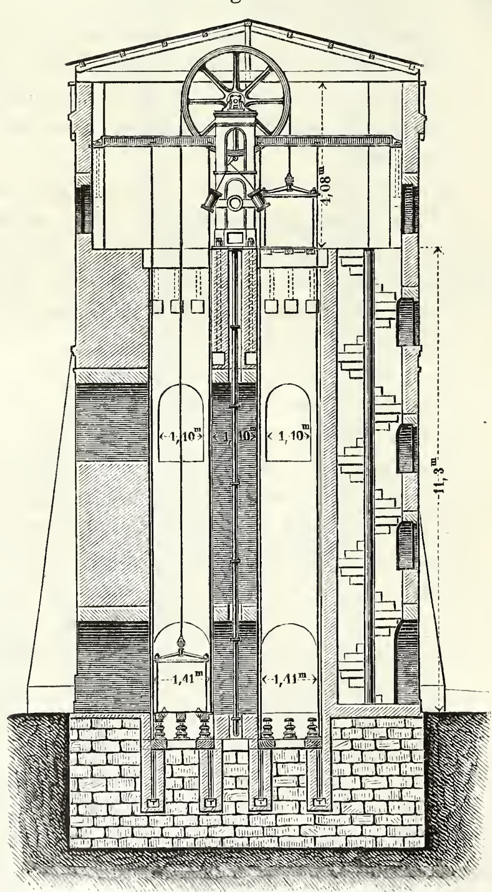



Fig. 69.



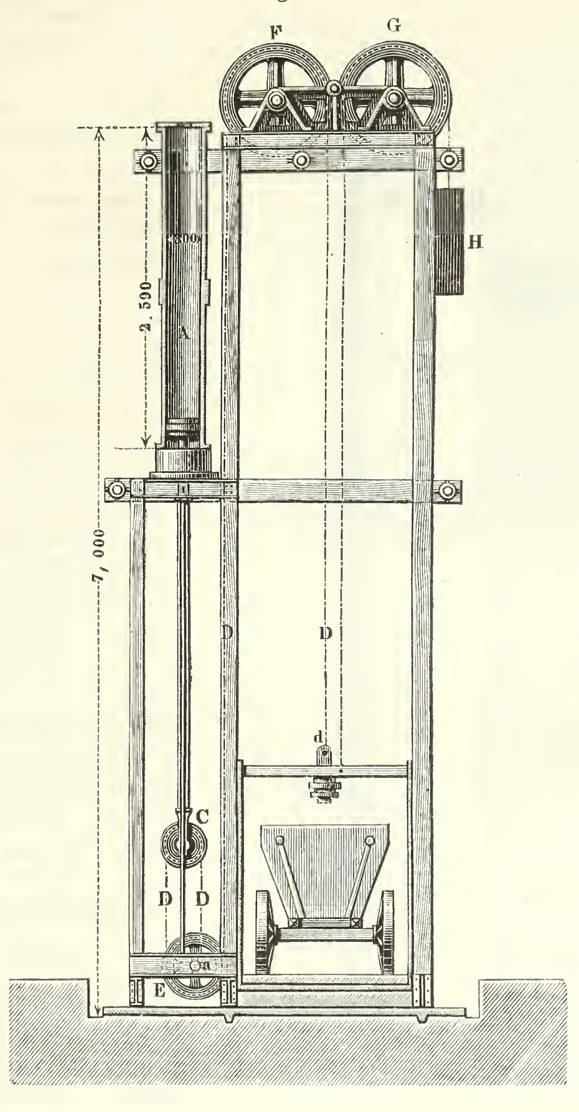

mit Umgehung der Seil- oder Kettenscheibe, der Schubstange und Kurbel, die Bewegung direct von der Kolbenstange des Dampfcylinders auf das Seil oder die Kette übertragen wird. Die Einrichtung eines solchen Aufzuges für den Betrieb der Cupolöfen in Ilsenburg [1]) ist durch die Figuren 70 und 71 gegeben.

*A* ist ein einfach wirkender Dampfcylinder, welchem der Dampf durch den Schieberkasten *B* zugeführt wird. Die nach unten gerichtete Kolbenstange trägt an ihrem Ende die Flaschenzugrolle *C*, mit zwei Klauen in senkrechte Führungen greifend, um sie vor Schwankungen zu schützen. Um die Rolle *C* ist das bei *a* befestigte Seil (Kette) geschlungen, welches von hier aus über die feste Rolle *E*, dann nach oben über eine zweite feste Rolle *F* läuft, um mit dem andern Ende *d* an der Förderschale befestigt zu werden. Es ist leicht ersichtlich, dass, sobald Dampf unter den Dampfkolben tritt und diesen

[1]) Von der Gräflich Stolberg'schen Maschinenfabrik zu Ilsenburg gebaut.

hebt, auch die Förderschale gehoben werden muss, aber in Folge der Wirkung der Rolle *C* mit doppelter Geschwindigkeit und daher auch den doppelten Weg zurücklegend als der Dampfkolben. Ein Gegen-

Fig. 70.

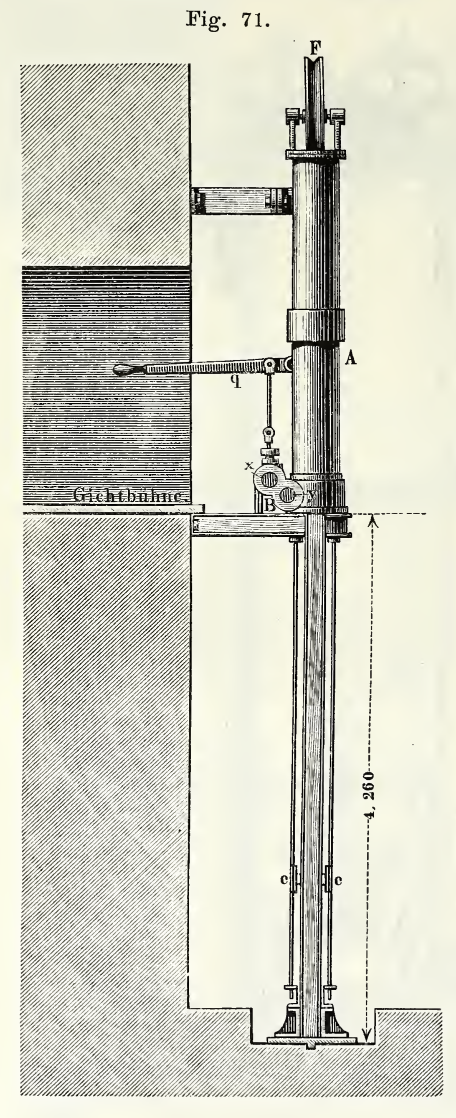



gewicht *H* gleicht das Gewicht der Förderschale annähernd aus, so dass dieselbe, wenn man den Dampf unter dem Kolben entweichen lässt, langsam sinkt. Durch Regulirung des Dampfausflusses lässt sich übrigens der Niedergang der Schale beliebig verzögern. Die Dampfeinströmung

ist bei $x$, die Ausströmung bei $y$. Der Hebel $q$ dient zur Steuerung, welche mit Hülfe eines gewöhnlichen Muschelschiebers bewirkt wird.

Sogenannte Wassertonnenaufzüge [1]) kommen bei Cupolöfen oder für andere Zwecke der Metallverarbeitung sehr selten vor, würden auch aus verschiedenen Gründen keinesfalls empfehlenswerth dafür sein.

Fig. 71.




Häufiger finden sich wirkliche hydraulische Aufzüge, bei denen die Förderschale an dem obern Ende eines hydraulischen Kolbens befestigt ist, der durch Wasserdruck in einem Cylinder gehoben wird. Der hydraulische Cylinder steht also vertieft und der Kolben hat dieselbe Hubhöhe wie die Schale, wenn man nicht vorzieht, die Schale an ein Seil zu hängen, und in ähnlicher Weise wie bei dem beschriebenen Ilsenburger Aufzuge, durch Einschaltung einer oder mehrerer Flaschenzugrollen den Weg des Kolbens abzukürzen. Denkt man sich an Stelle des Dampfcylinders in Fig. 70 einen hydraulischen Cylinder, so ergiebt sich von selbst die Construction eines solchen hydraulischen Aufzugs mit Seil.

Die hydraulischen Aufzüge ermöglichen einen sanften Gang und besitzen den Vortheil, dass man mit Hülfe eines Accumulators [2]) im Stande ist, eine ununterbrochene sehr geringe Arbeitsleistung einer Pumpe für die periodische grössere Lei-

---

[1]) Percy-Wedding, Eisenhüttenkunde, Braunschweig 1868, zweite Abtheilung, S. 623. [2]) Ebendaselbst, S. 628.

stung des Aufzugs zu benutzen, geben aber in unseren nordischen Klimaten sehr leicht zu Betriebsstockungen durch Einfrieren bei grosser Kälte Veranlassung, wenn sie nicht in einem vor der Kälte gehörig geschützten Raume aufgestellt werden können.

Es dürfte daher in den allermeisten Fällen den früher beschriebenen und durch die Figuren 66 bis 71 erläuterten Aufzügen der Vorzug einzuräumen sein.

---

Literatur über Aufzüge:

Weisbach, Ingenieur- und Maschinenmechanik, Bd. III, S. 452.
Hauer, Hüttenwesensmaschinen, zweite Auflage, Leipzig 1876, S. 260.
Percy-Wedding, Eisenhüttenkunde, zweite Abtheilung, S. 612.
Rühlmann, Maschinenlehre, IV. Bd., S. 370, 417.

---

## 5. Die Gebläse der Werkstätten für Metallverarbeitung.

Gebläse werden bei der Verarbeitung der Metalle gebraucht:
- zum Betriebe schachtförmiger Schmelzöfen (Cupolöfen),
- zum Betriebe von Flammöfen und Gasgeneratoren für Erzeugung von Unterwind (also zum theilweisen Ersatze der Essenwirkung),
- zum Betriebe von Schmiede- und Schweissfeuern,
- zur Ventilation (als Exhaustoren).

In keinem dieser Fälle liegt die Aufgabe vor, eine starke Verdichtung der Gebläseluft hervorzubringen; selbst beim Schmelzen der Metalle in Schachtöfen übersteigt die Windpressung selten den Druck von 400 Millimeter Wassersäule = 30 Millimeter Quecksilbersäule = 40 Gramm per Quadratcentimeter und bleibt in den meisten Fällen erheblich hinter dieser Zahl zurück [1]).

Dieser Umstand schliesst von vornherein die Anwendung von Cylindergebläsen aus oder kennzeichnet dieselbe wenigstens als unzweckmässig; denn die Zwekmässigkeit eines Apparats ist nicht allein von dem Wirkungsgrade desselben abhängig, sondern auch von dem Verhältnisse zwischen dem Betrage der Anlage- und Unterhaltungskosten zu dem Umfange seiner Totalleistung.

Ein Cylindergebläse aber besitzt allerdings bei den für Hochöfen üblichen Windpressungen unter allen Gebläsen den günstigsten Wirkungsgrad bezüglich des Verhältnisses zwischen aufgewendeter und theo-

---

[1]) Zum Vergleiche möge die Notiz dienen, dass man bei grossen Hochöfen mit durchschnittlich 200 Gramm, bei Bessemer-Apparaten mit 1500 Gramm Windpressung per Quadratcentimeter arbeitet, bisweilen aber diese Pressung noch erheblich steigert.

retisch erforderlicher Betriebsarbeit; dieser Wirkungsgrad aber wird in Folge der bedeutenden zu überwindenden Reibungswiderstände um so ungünstiger ausfallen, je geringer die Verdichtung des angesaugten Windes, je unbedeutender also die theoretisch erforderliche Arbeit des Gebläses überhaupt ist. In den Anschaffungskosten wie in der Wartung ist aber das Cylindergebläse den einfacheren Gebläsen gegenüber ungemein kostspielig und beansprucht einen ungleich grössern Raum als diese.

Für kleine Werkstätten waren bis vor Kurzem zum Betriebe von Schmiedefeuern, selbst von kleinen Schmelzöfen die Balggebläse — Blasebälge — die üblichsten Gebläsemaschinen, welche meistens durch Menschenkraft bewegt werden. Erst seitdem die kleinen Werkstätten mehr und mehr in den grossen Fabriken aufgegangen sind, seitdem man es in Folge dieser Concentration der Arbeit vortheilhaft fand, die Menschenkraft zum Betriebe der Gebläse durch Elementarkraft zu ersetzen und die Gesammtmenge des für zahlreiche Apparate (z. B. Schmiedefeuer) erforderlichen Windes durch eine einzige Gebläsemaschine zu ersetzen, traten die Balggebläse mehr und mehr vom Schauplatze ab und werden heut zu Tage selbst in der Werkstatt des Kleinschmieds nicht selten durch andere Apparate ersetzt[1]).

Unter den häufiger benutzten Gebläsen der Neuzeit verdient das Centrifugalgebläse — häufiger noch mit dem allgemeinen Ausdrucke Ventilator bezeichnet — in erster Reihe Erwähnung.

Jedes Centrifugalgebläse besteht aus zwei Haupttheilen: dem Gehäuse aus Gusseisen oder Eisenblech und dem Flügelrade, welches sich innerhalb des Gehäuses dreht und aus Eisenblech, Gusseisen oder Bronze besteht.

Durch die rasche Drehung der Flügel wird die zwischen denselben befindliche Luft in Folge der Centrifulgalkraft nach dem Umfange hin verdichtet und gemäss dieser Verdichtung durch einen am Umfange befindlichen Auslass entfernt, während durch Oeffnungen um die Drehungsachse herum zur Ausgleichung der naturgemäss dort entstehenden Luftverdünnung frische Luft nachströmt.

Die Constructionen von Centrifugalgebläsen sind zahlreich, die Hauptunterschiede finden sich in der Form und Anordnung der Flügel. Die geradflächigen, mehr oder minder radial stehenden Flügel der älteren Ventilatoren sind bei neueren Constructionen meistens durch gebogene Flügel ersetzt, wodurch an Kraftaufwand erspart und das unangenehme Heulen der älteren Ventilatoren zum grossen Theile vermieden worden ist. Als Beispiel einer derartigen Construction möge die in Fig. 72 I. und II. gegebene, aus Weisbach's Ingenieur- und Maschinenmechanik entnommene Abbildung eines Lloyd'schen Ventilators dienen. Der äussere Mantel *HH* besteht aus Gusseisen und ist aus vier Theilen derartig

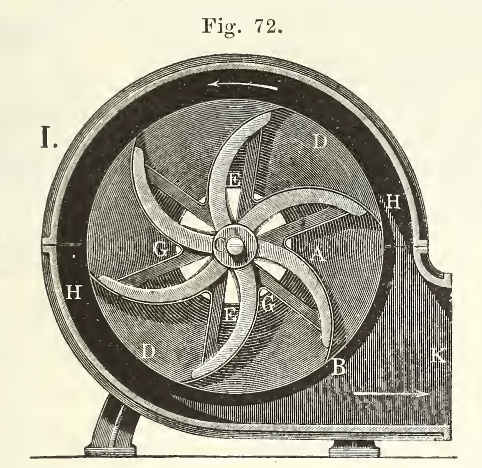
---

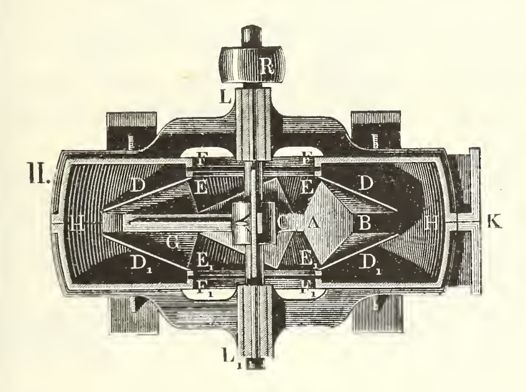
[1]) Beschreibung und Abbildung eines solchen Schmiedeblasbalges findet sich unter Anderm in Rühlmann's Maschinenlehre, IV. Bd., S. 729.

verschraubt, dass die beiden oberen Theile leicht von den unteren abgenommen werden können.

Eine solche Theilung des Gehäuses in eine obere lösbare und eine untere feststehende Hälfte (die Theilung in vier Segmente ist wohl nur zur Erleichterung des Gusses gewählt) ist in allen Fällen rathsam, um bei vorkommenden Beschädigungen des Flügelrades ohne Schwierigkeit zu demselben gelangen zu können. Die Flügelradwelle lagert in angegossenen Bügeln $L$ und $L_1$ und trägt ausserhalb derselben die zum Betriebe dienende Riemenscheibe $R$. Auf der Welle sitzen die sechs Stück gekrümmten gegossenen Schienen $E$, gestützt durch die Arme $G$, und auf diesen Schienen sind die Flügel $A$ festgenietet. Das ganze in solcher Weise hergestellte Flügelrad ist in einem linsenförmigen Gehäuse aus Eisenblech $D\,D_1$ eingeschlossen, welches sich mit demselben dreht, um die Achse herum die zwei kreisförmigen Einströmungsöffnungen, am Rande aber die schlitzförmige, rings herum laufende Ausströmungsöffnung besitzt. Ein- und Ausströmungsöffnungen dieses innern Gehäuses sind gleich gross, die Form des Gehäuses überhaupt so gewählt, dass die nach dem Umfange hin getriebene Luft an jeder Stelle im Innern desselben gleiche Querschnitte zu passiren hat.

Fig. 72.




Die inneren Ränder $E\,E_1$ des Blechgehäuses sind mit metallenen Ringen bekleidet, die entgegenstehenden Ränder $F\,F_1$ des Gusseisengehäuses mit abgedrehten Gusseisenringen und die Abstände zwischen den Ringen beider Gehäuse möglichst klein, um einen dichten Abschluss herzustellen.

Es ist leicht einzusehen, dass diese Umschliessung der Flügel mit einem Gehäuse (Schilde) in wohlthätiger Weise auf Verminderung des

Kraftbedarfs und verursachten Geräuschs wirken muss. Denn während ohne dasselbe eine stete gegenseitige Einwirkung der zwischen den Flügeln in Bewegung befindlichen Luft und der im Raume zwischen äusserm Gehäuse und Flügeln vorhandenen Luft stattfinden muss, Reibung und Wirbel verursacht, sind jetzt beide Luftschichten getrennt, und die Flügel bewegen sich ohne jede Störung[1]).

Die Leistung eines Ventilators ist im Allgemeinen um so günstiger, je grösser die Windmenge ist, welche verlangt wird, oder mit anderen Worten, je bedeutender die Umlaufsgeschwindigkeit der Flügel ist. Diese Umlaufsgeschwindigkeit pflegt nicht unter 50 und nicht über 80 Meter per Secunde zu betragen. Der durchschnittliche Wirkungsgrad des Centrifugalgebläses ist immerhin gering und höchstens zu 0,30 anzunehmen, d. h. die wirklich aufgewendete Arbeit des Motors verhält sich zu der theoretisch erforderlichen Arbeit, die gegebene Luftmenge zu verdichten, wie 1 : 0,30.

Diese Leistung ist allerdings bedeutend ungünstiger als bei Cylindergebläsen, bei welchen ein Wirkungsgrad von mindestens 0,50 angenommen zu werden pflegt. Man darf hierbei jedoch nicht ausser Acht lassen, dass, wie schon erwähnt, jener Wirkungsgrad des Cylindergebläses bei höheren Windpressungen sich herausstellt, als von einem Centrifugalgebläse überhaupt erreichbar sind, und dass aus den schon angeführten Gründen jene Leistung sich verringern muss, wenn die Windpressung abnimmt. Gerade der umgekehrte Fall tritt bei Centrifugalgebläsen ein, deren Wirkungsgrad im Allgemeinen mit steigender Pressung abnimmt, und welche überhaupt nicht fähig sind, hohe Windpressungen zu liefern; denn mit abnehmendem Ausflussquerschnitte verringert sich mehr und mehr die Windmenge, und die Windpressung ist fast allein von der Umlaufsgeschwindigkeit der Flügel, nicht aber von dem Ausflussquerschnitte abhängig.

Seit den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts bis gegen das Ende der sechziger Jahre gewannen die Centrifugalgebläse eine immer weitere Ausbreitung, wurden in ihrer Construction mehr und mehr verbessert und verdrängten in Giessereien, Schmieden und anderen Werkstätten zum grössten Theile die bis dahin üblichen älteren Gebläse.

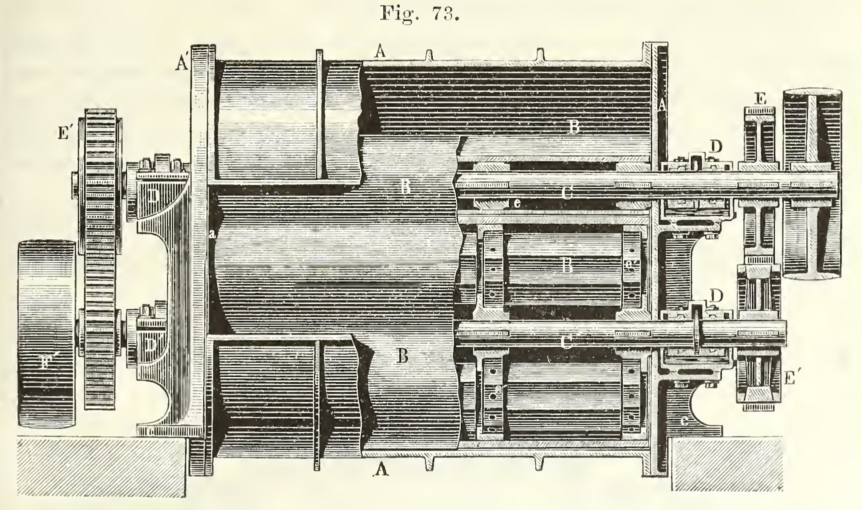
Im Jahre 1866 erfanden F. M. Roots und P. H. Roots in Conners-

---

[1]) Diese Wirkung der Umschliessung der Flügel wird durch Hartig's Versuche bestätigt (Hartig, Versuche über Leistung und Arbeitsverbrauch von Werkzeugmaschinen, Leipzig 1873, S. 230 bis 240). Bei unbedecktem Blashalse des Ventilators betrug der Arbeitsverlust durch Luftreibung, Schallerzeugung und unregelmässige Bewegung der Luftschichten: a) bei drei Lloyd'schen Ventilatoren, von der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik erbaut, das 0,98fache, 1,15fache und 1,38fache, durchschnittlich das 1,17fache von der aufgewendeten Nutzarbeit zur Verdichtung des Windes; bei einem von Chr. Schiele in Frankfurt a. M. gebauten Ventilator ohne Flügelbekleidung aber das 12,7fache dieser Nutzarbeit.

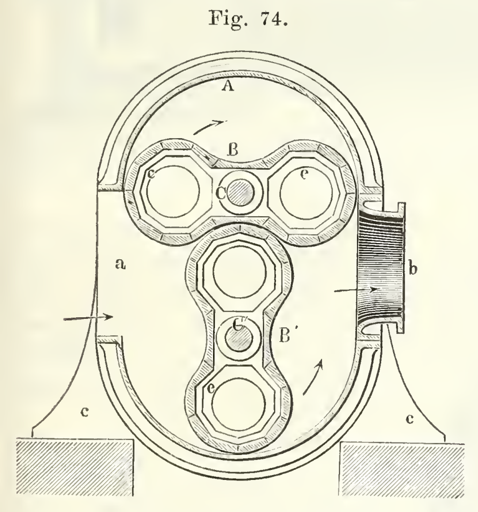
ville im Staate Indiana ein Gebläse, dessen allgemeine Einrichtung aus den Figuren 73 und 74 hervorgeht, und welches unter dem Namen

Fig. 73.




Roots'scher Ventilator, Roots'sches Kapselgebläse oder Roots' blower auch bald in Europa Eingang fand. Es ergiebt sich aus der Zeichnung,

Fig. 74.




dass das Gebläse im Wesentlichen aus zwei Windflügeln $B$ und $B_1$ besteht, welche sich innerhalb eines gusseisernen Gehäuses $A$ um horizontale Achsen in entgegengesetzter Richtung drehen. Dabei greifen die beiden nach Kreisbögen abgerundeten Flügel ähnlich wie Zahnräder in einander; es berühren sich immer die convexen Theile des einen Flügels mit den concaven des andern. Die Folge davon ist, dass zwischen beiden Flügeln stets ein annähernd dichter Luftabschluss aufrecht erhalten wird, während die zwischen je einem Flügel und der Gehäusewand eingeschlossene Luft (zwischen $AB$ in Fig. 74) ununterbrochen nach einer Richtung hinausbefördert und von der andern Seite frische Luft angesaugt wird. Zur Erzielung eines dichtern Abschlusses sowohl zwischen den Flügeln unter sich, als zwischen Gehäusewand und Flügeln sind die letzteren mit einem Ueberzuge aus Talg und Graphit versehen.

Bei den älteren Gebläsen dieser Art bestehen die Flügel aus einem

gusseisernen Gerippe mit Holzbekleidung (wie in der Abbildung); neuerdings liefert die Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik Roots'sche Gebläse mit ganz aus Eisen bestehenden Flügeln. Eine andere Verbesserung ist hinsichtlich der Lagerung der Achsen getroffen, welche an beiden Enden festgelagert (so dass der Antrieb zwischen Lager und Gehäuse liegt) und dadurch vor dem Vibriren geschützt sind; ausserdem hat man die Windeinströmung in den Scheitel, die Ausströmung an den Boden verlegt und endlich das Gehäuse so eingerichtet, dass bei vorkommenden Reparaturen das Obertheil sich mit Leichtigkeit abnehmen lässt.

Ein Vergleich der in den Figuren 75 und 76 in $^1/_{20}$ der wirklichen Grösse gegebenen Abbildung eines solchen verbesserten Gebläses mit

Fig. 75.

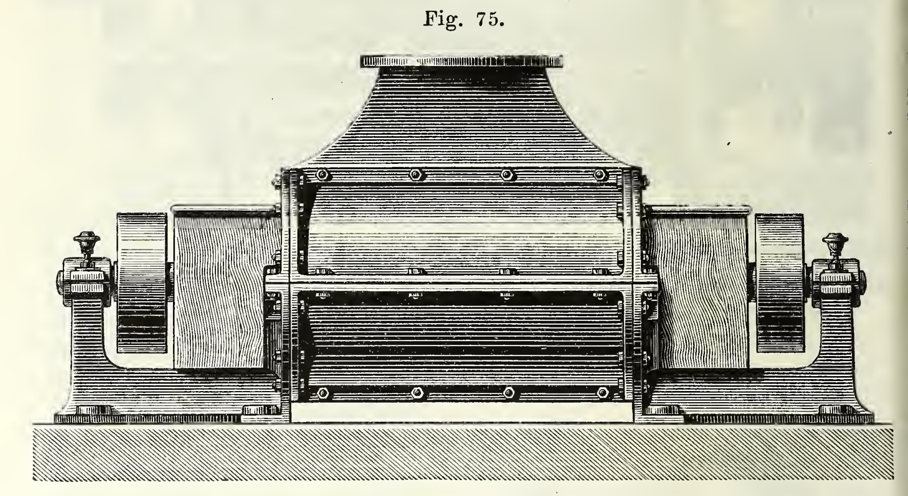
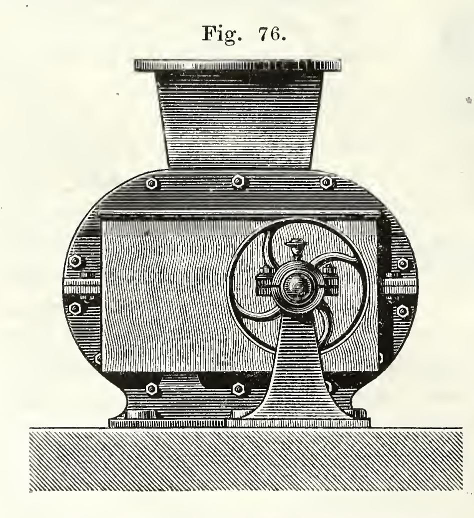


Fig. 76.



dem älteren Gebläse, Fig. 74, wird sofort diese Verbesserungen erkennen lassen. Die Getriebe sind in Holzkästen eingeschlossen, um Unglücksfälle zu verhüten und Staub abzuhalten.

Da die Wirkung der Roots'schen Gebläse nicht, wie bei den Centrifugalgebläsen, auf der Centrifugalkraft beruht, sondern vielmehr auf einem Fortdrücken eingeschlossener Luft (also ähnlich wie bei Cylindergebläsen), so ist man im Stande, bei viel geringerer Drehungszahl erheblich

höhere Windpressungen als mit dem Centrifugalgebläse hervorzurufen.

Kleineren Roots'schen Gebläsen pflegt man 300 bis 320, grösseren 250 bis 300 Umdrehungen per Minute zu geben.

Von Hartig sind über die Leistung der Roots'schen Gebläse Ermittelungen angestellt und in dem schon citirten Werke S. 241 veröffentlicht worden.

Er fand bei normaler Geschwindigkeit und gänzlich geöffnetem Blashalse, wobei sich eine Pressung von nur 38 Millimeter Wassersäule ergab, einen Wirkungsgrad von 0,405, welcher sich auf 0,143 verringerte, als die Pressung durch Verengung des Ausflussquerschnitts auf 820 Millimeter gesteigert wurde. Eine ähnliche Abnahme des Wirkungsgrades erfolgt auch bei Centrifugalgebläsen mit steigender Pressung, aber, wie Hartig bemerkt, bei letzteren ausschliesslich wegen Abnahme der geförderten Windmenge, bei den Roots'schen Gebläsen zugleich wegen unverhältnissmässiger Zunahme der Betriebsarbeit, hervorgerufen durch das mit Zunahme der Pressung immer stärker auftretende Riemenrutschen.

Dieses abweichende Verhalten beider Sorten Gebläse wird auch in interessanter Weise gekennzeichnet, wenn man die Ausflussöffnungen mehr und mehr schliesst. Bei den Centrifugalgebläsen nimmt die erforderliche Arbeitsleistung des Motors mit dem Querschnitte der Aus-

Fig 77.

flussöffnungen ab, weil in gleicher Weise die geförderte Windmenge sich verringert, und beschränkt sich bei gänzlich geschlossenem Ausflusse fast auf Ueberwindung der Zapfenreibung; bei den Roots'schen Gebläsen steigt die erforderliche Arbeitsleistung mit Verengung des Ausflussquerschnitts, weil die Windpressung mehr und mehr wächst.

Auch von dem Maschineninspector Heim auf dem königlich würtembergischen Eisenhüttenwerke Wasseralfingen wurden Versuche über die Leistung eines von der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik in Chemnitz gelieferten Roots'schen Gebläses angestellt, deren Mittheilung Verfasser der Güte der Direction genannter Werkzeugmaschinenfabrik verdankt. Die Querschnittsverhältnisse des von Heim benutzten Gebläses sind durch die Skizze, Fig. 77 (a. v. S.), veranschaulicht; die Länge der Windflügel betrug 1,250 M. Bei jeder Umdrehung beider Flügel wird also theoretisch das Luftvolumen $A$ einmal fortgeschafft. Während Hartig das factisch ausgeblasene Windquantum aus Pressung und Ausströmungsquerschnitt ermittelte, berechnet Heim dasselbe, indem er annimmt, dass einestheils von dem Volumen $A$ nur 0,96 $A$ wirklich angesaugt werde; dass anderntheils wegen undichten Anschlusses der Flügel an den Stellen $C$, $D$ und $E$ Windverluste entstehen, welche er aus der Windpressung und dem Querschnitte dieses Spielraumes berechnet und von dem angesaugten Windquantum in Abzug bringt. Jenen Spielraum nimmt er bei 2 Millimeter Abstand zwischen den Flächen zu 0,0075 Quadratmeter an. Es ergiebt sich demnach aus den Heim'schen Versuchen das Verhältniss der factischen Windmenge $W_1$ zur theoretischen $W$, d. h. zu dem vierfachen Volumen $A$:

| beim Betriebe von | Umdrehungen per Minute | Windpressung Wassersäule | $\frac{W^1}{W}$ |
|---|---|---|---|
| 28 Schmiedefeuern . . . | 210 | 61 Mm | 0,82 |
| desgl. . . . | 374 | 172 „ | 0,82 |
| 5 Schmiedefeuern . . . | 148 | 70 „ | 0,74 |
| desgl. . . . | 360 | 360 „ | 0,78 |
| Alle Feuer geschlossen, Sicherheitsventil geöffnet, dessen Querschnitt nicht angegeben ist . . . . | 174 | 118 „ | 0,73 |
| desgl. . . . | 322 | 357 „ | 0,74 |

Dagegen fand Hartig aus Windpressung und Ausströmungsquerschnitt

$\frac{W_1}{W}$ bei geöffnetem Blashalse und 38 Mm Pressung $= 0,79$
bei 820 „ „ $= 0,12$

schreibt jedoch die Schuld des so viel ungünstigern Ausfalls des letztern Resultats wenigstens theilweise dem schon erwähnten Riemenrutschen zu.

Für mittlere Pressungen dürfte man als durchschnittliches Ergebniss der Heim'schen und Hartig'schen Versuche immerhin ein Verhältniss $\frac{W_1}{W} = 0,75$ annehmen können.

Die zum Betriebe aufgewendete Arbeitsleistung ermittelte Heim aus der durch Rechnung gefundenen Leistung der Dampfmaschine, nachdem vermittelst des Indicators zuvor der für den Betrieb des Vorgeleges erforderliche Kolbendruck (nach Ausrückung des Gebläses) gemessen und von dem totalen Kolbendrucke beim Betriebe des Gebläses in Abzug gebracht worden war.

Heim fand den Wirkungsgrad $\frac{L}{L_1}$, d. h. das Verhältniss der theoretisch erforderlichen zu der aufgewendeten Leistung:

| beim Betriebe von | Umdrehungen per Minute | Pressung Wassersäule | $\frac{L}{L_1}$ |
|---|---|---|---|
| 28 Schmiedefeuern . . . | 210 | 61 Mm | 0,616 |
| desgl. . . . | 374 | 172 „ | 0,580 |
| 5 Schmiedefeuern . . | 148 | 70 „ | 0,490 |
| desgl. . . . | 360 | 360 „ | 0,528 |
| Alle Feuer geschlossen, Sicherheitsventil offen . | 174 | 118 „ | 0,528 |
| desgl. . . . | 322 | 357 „ | 0,513 |

während Hartig, wie oben bemerkt, mit Hülfe des Dynamometers einen Wirkungsgrad von nur 0,405 beziehentlich 0,143 fand.

Als Durchschnittswerth zwischen den Ermittelungen von Hartig und Heim wird man den Wirkungsgrad des Roots'schen Gebläses = 0,45 setzen können.

Jedenfalls geht soviel aus den angestellten Versuchen hervor, dass das Roots'sche Gebläse unter erheblich günstigeren Verhältnissen arbeitet, als das Centrifugalgebläse, dessen Wirkungsgrad die Zahl 0,30 höchst selten übersteigt; dass ferner das Roots'sche Gebläse im Stande ist, noch ohne erheblichen Arbeitsverlust Windpressungen zu liefern, für welche das Centrifugalgebläse nicht mehr ausreicht; dass aber endlich für hohe Pressungen (über 600 Mm. Wassersäule) sich bei dem Roots'schen Gebläse ein Arbeitsverlust herausstellt, welcher die Anwendung desselben für mittlere und grosse Hochöfen kaum räthlich erscheinen lassen wird, während für kleine Holzkohlenhochöfen, die oft mit einem Winddrucke nicht über 400 Mm. Wassersäule (40 Grm. per Quadratcentimeter) arbeiten, die Anwendung des Roots'schen Gebläses in Anbetracht seiner viel billigeren Anschaffungskosten wohl eines Versuchs werth sein dürfte, sobald in Rücksicht auf erforderlich werdende Reparaturen ein Reservegebläse in Bereitschaft steht. Zwei Roots'sche Gebläse dürften zusammen kaum ein Drittel so viel kosten als ein Cylindergebläse von entsprechender Grösse.

Diese Eigenschaften des *Roots*'schen Gebläses lassen es aber vollständig begründet erscheinen, dass, nachdem die ihm anfänglich anhaftenden Mängel (häufige Reparaturen, nervenerschütterndes Geräusch) durch die früher erwähnten Verbesserungen der Construction glücklich beseitigt sind, dasselbe gerade für die Metallverarbeitung — Giessereien, Schmiedewerkstätten u. s. w. — einen immer ausgedehntern Eingang findet.

Als dritte Gattung von Gebläsen für Werkstätten der Metallverarbeitung, auf einem vollständig andern Principe als die beiden bisher besprochenen beruhend, verdienen die *Dampfstrahlgebläse* Erwähnung.

Es ist ein bekanntes Gesetz, dass durch seitliche Oeffnungen eines Rohres Gase, Flüssigkeiten, selbst feste Körper angesogen und ins Innere geführt werden können, wenn in dem Innern sich ein Strahl eines mit grosser Geschwindigkeit fortbewegten Körpers befindet. Auf dieser Thatsache beruht die Construction der längst bekannten Wassertrommelgebläse, der Blasrohre an Locomotiven zur Erzeugung von Luftzug, der Giffard-Injectoren zur Speisung der Dampfkessel, und ebenfalls der erwähnten Dampfstrahlgebläse.

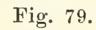
Im Jahre 1870 nahm der durch so manche segensreiche Erfindungen auf dem Gebiete der Pyrotechnik bekannte C. W. *Siemens* in London ein Patent auf die Fortführung von Luft vermittelst Ansaugens durch einen Dampfstrahl (Engineering, Nov. 1871, S. 344). Das *Siemens*'sche Gebläse scheint jedoch in seiner ersten Form wenig Erfolg gehabt zu haben. Den Gebrüdern *Koerting* in Hannover gebührt das Verdienst, dasselbe mit Verbesserungen versehen zu haben, die ihm eine dauernde Stellung in der Technik verschafften. Nebenbei sei erwähnt, dass die Gebrüder *Koerting* das dem Gebläse zu Grunde liegende Princip bald und mit Erfolg auch zum Heben und Fortführen von Wasser, Kohlensäure, verbrauchtem Dampf aus Condensationsdampfmaschinen

Fig. 78.

durch Ansaugen und Verdichten vermittelst eines Wasserstrahls, und zu noch verschiedenen anderen Zwecken anwendeten.

Die Skizze, Fig. 78, stellt ein Koerting'sches Dampfstrahlgebläse in seiner einfachsten Form dar, wie es z. B. für Erzeugung von Unterwind bei Gasgeneratoren, Flammöfen, Dampfkesselfeuerungen benutzt werden kann. *A* ist ein Dampfleitungsrohr, durch den Hahn *h* verschliessbar, welches in einem engen konischen Mundstücke *a* endigt und beim Oeffnen des Hahns Dampf durch dieses Mundstück ausbläst. Zum Ansaugen der Luft dienen die Saugdüsen *b* und *c*, zwei bis drei an Zahl, aus Rothguss gefertigt und innerhalb eines gusseisernen durchbrochenen Gehäuses in der gezeichneten Stellung befestigt. Jede folgende Saugdüse ist etwas weiter als die vorhergehende. Dampf und Luft mischen sich, ein Theil des Dampfes wird condensirt und kann durch eine Ablassvorrichtung an geeigneter Stelle entfernt werden; die Luft wird durch die freiwerdende Wärme erwärmt, der übrig bleibende Dampf strömt mit fort.

Fig. 79.




Die aus dem Ende der Leitung austretende Luft ist also stark mit Wasserdampf gesättigt.

Will man die Dampfausströmung in genauer Weise reguliren, was durch alleinige Anwendung des Hahns nicht gut möglich sein würde, so kann dieser Zweck durch Anbringung eines Ventils mit Schraubenspindel und Handrädchen in vollkommenster Weise erreicht werden; auch dürfte es in den meisten Fällen bequemer sein, dem Gebläserohre eine verticale statt einer horizontalen Stellung zu geben. Fig. 79 veranschaulicht diese Anordnung und giebt zugleich eine äussere Ansicht des Gebläses. *a* ist hier das Dampfzuleitungsrohr, *b* ein Ablassrohr für condensirtes Wasser, *e* die Regulirspindel, *c* Wassersack, *ff*.. die Saugdüsen.

Zur Verdeutlichung der ganzen Anordnung diene Fig. 80 (a. f. S.), einen Flammofen mit dem daneben stehenden Dampfstrahlgebläse zur Erzeugung von Unterwind darstellend.

Um in solchen Fällen, wo der mitgeführte Wasserdampf nachtheilig wirken würde, z. B. bei Schmiedefeuern, einen trocknern Luftstrom hervorzubringen, verbinden die Gebrüder Koerting mit dem Gebläse den in Fig. 81 (a. f. S.) skizzirten Apparat. Es ist hier *a* das Dampfzuleitungsrohr, *b* das Gehäuse für die Saugdüsen, *c* das Leitungsrohr für die Luft und den nicht condensirten Dampf. Beide treten vereinigt in den obern Theil des gusseisernen senkrechten Rohres *d* ein, welches einen länglich recht-

Fig. 80.

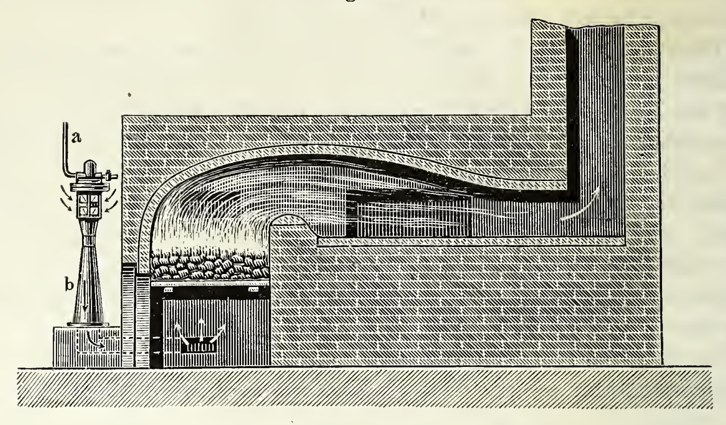



Fig. 81.

eckigen Querschnitt besitzt und nach oben durch einen Deckel *e* luftdicht verschlossen ist. Unmittelbar unter der Einmündung des Rohrs *c* in *d* befindet sich eine siebartig durchlöcherte Platte zur möglichsten Vertheilung des hindurch eilenden feuchten Luftstroms und unterhalb dieses Siebes ist das ganze Rohr *d* durch eine grössere Anzahl senkrechter Scheidewände in lauter einzelne schmale Rohre getheilt, um die in gleichmässigster Weise vertheilte dampfhaltige Luft hindurch zu führen. Da der gesammte Querschnitt dieses Rohrsystems ein verhältnissmässig grosser, die Bewegung innerhalb desselben also eine langsame ist, so kann beträchtliche Abkühlung stattfinden. Unterhalb des Rohrsystems befindet sich ein zweites Sieb *g*, um das Mitreissen condensirter Wassertheilchen zu hindern; *i* ist eine Ablassschraube für das condensirte Wasser. Die Luft steigt nun aufwärts im Rohre *h* und passirt bei *k* eine nochmalige Saugdüse, durch welche noch mehr Luft angesogen werden soll, und zwar wird hierzu diejenige Luft benutzt, welche an den Seitenwänden des Rohrs *d* dieses gekühlt und sich selbst dabei erwärmt hatte. Zu diesem Zwecke ist das Rohr *d* mit einem Kasten umkleidet, welcher ebenso wie das Rohr selbst durch Scheidewände in einzelne Abtheilungen getheilt ist. Die frische Luft strömt bei *l* ein, steigt empor, gelangt in das ringsum geschlossene Gehäuse *m* und aus diesem in das Blaserohr. Es wird also eben so wohl der Luftwechsel an den Aussenwänden des Condensators *d* befördert, als das eingeblasene Luftquantum vermehrt.

Ueber die Leistung der Dampfstrahlgebläse sind theoretische Berechnungen durch v. Reichenbach angestellt worden[1]). Es ergiebt sich hieraus, dass die Leistung eine um so günstigere ist, je grösser die Dampfspannung und je geringer die Windpressung, ein Resultat, welches auch die Praxis bestätigt. Den Effect der Gebläse, d. h. das Verhältniss zwischen aufgewendeter und verbrauchter Arbeit berechnet v. Reichenbach zu 0,67 bis 0,97; praktische Ermittelungen zur Bestätigung dieser Rechnung scheinen bislang nicht angestellt worden zu sein.

Die Dampfstrahlgebläse besitzen vor allen übrigen Gebläsen den grossen Vortheil der Billigkeit, des äusserst geringen Raumes zur Aufstellung, der einfachen Bedienung, der directen Wirkung, wobei alle Vor- und Zwischengelege wegfallen, somit auch die zur Ueberwindung der Reibungswiderstände derselben erforderliche Arbeit erspart wird, und Schmiermittel überhaupt nicht gebraucht werden.

Ihre schwache Seite liegt in dem Umstande, dass sie nur für sehr geringe Pressungen guten Effect geben, und dass der erfolgende Wind stets mit Wasserdampf gesättigt ist, von den mechanisch mitgerissenen Nebeltheilchen ganz abgesehen. Auch der vorhin beschriebene sinnreiche Apparat zur Entziehung des Wasserdampfs vermag naturgemäss immer nur einen zwar abgekühlten Wind zu liefern, welcher aber seiner Tem-

[1]) Zur Theorie des Dampfstrahlgebläses von R. v. Reichenbach. Jahrbuch der Bergakademien zu Leoben, Přibram und Schemnitz, Bd. 23, S. 322 ff.

peratur entsprechend so lange mit Dampf gesättigt bleibt, bis durch die Vermischung mit frischer Luft in dem Nachgebläse dieser vollständige Sättigungsgrad etwas verringert wird. Feucht wird die Luft immer bleiben.

Aus diesen Gründen sind die Dampfstrahlgebläse vorzügliche Apparate in solchen Fällen, wo eine geringe Pressung verlangt wird und der Dampfgehalt des Windes nicht schadet, insbesondere also für Erzeugung von Unterwind bei Flammöfen, Gasgeneratoren, Kesselfeuerungen u. dgl. Weniger vortheilhaft wirken sie, wo die Feuchtigkeit Nachtheile bringt, z. B. bei Schmiedefeuern; unvortheilhaft, wenn nicht unbrauchbar, würden sie nach des Verfassers Urtheil in allen Fällen sein, wo höhere Pressung und Trockenheit der Luft gleichzeitig Bedingung sind, also für Schmelzprocesse in Cupolöfen und für ähnliche Zwecke.

---

Literatur.

Ueber Centrifugalgebläse:

Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, I. Bd., Leipzig 1870, S. 577 ff., enthält eine übersichtliche Zusammenstellung der wichtigeren Theorien und Erfahrungsresultate über Centrifugalgebläse von Redtenbacher, Wiebe, Rittinger, Tunner und Anderen.

von Hauer, Die Hüttenwesensmaschinen, 2. Auflage, S. 231 ff.

Ueber Roots'sche Gebläse und Dampfstrahlgebläse ist bei der Neuheit des Gegenstandes die Literatur noch sehr spärlich. Ausser den schon gegebenen Citaten und einigen unwichtigeren Notizen in periodischen Zeitschriften finden sich die ausführlichsten Mittheilungen in

von Hauer op. cit. S. 208 und 226.

---

Zweiter Abschnitt.

# Die rohe Formgebung.

---

Wenn aus einem rohen Metallblocke ein Gebrauchsgegenstand hergestellt werden soll, so hat derselbe gewöhnlich mehrere Stadien der Formveränderung zu durchlaufen. In dem ersten Stadium ist die Hauptaufgabe die, einen Gegenstand von solchen Querschnitten herzustellen, welche den Querschnitten des fertigen Gegenstandes genau oder doch möglichst annähernd entsprechen. Das Ergebniss dieser ersten Formgebung, welche wir als „rohe Formgebung" bezeichnen, ist also entweder schon ein Körper, dessen sämmtliche äussere Formen annähernd genau mit den Formen des vollendeten Gegenstandes übereinstimmen, oder es ist ein Zwischenproduct für weitere Verarbeitung, bei welcher aber erhebliche Aenderungen in den Hauptabmessungen der Querschnitte nicht mehr eintreten (Blech, Draht, stabförmige Körper etc.). Als solche Hauptabmessungen gelten beim Bleche die Stärke (nicht die Breite), beim Drahte der Durchmesser, bei stabförmigen Körpern sämmtliche Querschnittsdimensionen (Quadrat-, Flach- und Rundstäbe, Winkeleisen, einfach und doppelt T-Eisen, Eisenbahnschienen u. s. w.).

Jene rohe Formgebung kann in zweierlei Weise bewirkt werden.

Entweder das Rohmetall wird durch Erhitzung in den flüssigen Zustand übergeführt (geschmolzen) und dann unter Einflüssen erstarren gelassen, welche seine Neugestaltung bewirken und ihm dadurch eine bleibende Form geben. Man nennt diese Arbeit Giessen.

Oder man lässt mechanische Kräfte (Stoss, Druck, Zug) auf das nicht geschmolzene, häufig aber durch Erhitzung in einen weichern, dehnbarern Zustand versetzte Metall wirken, bis die Elasticitätsgrenze überschritten ist, und ruft in solcher Weise eine Querschnittsveränderung hervor (Hämmern, Walzen, Pressen, Ziehen).

Je nachdem die Metalle und Legirungen ihren Eigenschaften nach sich mehr für die eine oder die andere dieser beiden Verarbeitungsmethoden eignen, sondern sie sich in mehrere Gruppen.

Nur giessbar sind:

Gusseisen.
Bronzen mit einem Zinngehalte von ungefähr 25 bis 75 Proc.,
Antimonblei mit reichlichem Antimongehalte.

Vorwiegend giessbar, aber auch zur Formveränderung durch mechanische Kraft geeignet sind:

Zink,
Zinn,
Blei,
Messing,
Bronzen mit einem Zinngehalte unter 25 oder über 75 Proc.
Legirungen des Zinns mit Antimon und Blei.

Vorwiegend zur Formveränderung durch mechanische Kraft geeignet, daneben aber noch giessbar sind:

Stahl (um so giessbarer, je reicher der Kohlenstoffgehalt),
Aluminium,
Kupfer,
Platin,
Gold, Silber } und deren Legirungen mit Kupfer,
Neusilber.

Nicht giessbar ist:

Schmiedeeisen.

Der Umstand, dass bei jeder Formveränderung durch mechanische Kraft Arbeit aufgewendet wird, und dass jede mechanische Arbeit einer bestimmten Wärmemenge äquivalent ist (1 Wärmeeinheit = 423,5 Kilogrammeter); der fernere Umstand, dass zum Schmelzen und Giessen gleichfalls ganz bestimmte Wärmemengen erforderlich sind, lässt bei allen Metallen, die durch beide Arbeitsmethoden verarbeitbar sind, einen Vergleich zu, bei welcher der beiden Verfahrungsweisen der Aufwand an Arbeit beziehentlich Wärme der grössere sei. Selbstverständlich muss diejenige Wärme, welche zum Erhitzen des Metalls bei der Verarbeitung durch Einwirkung mechanischer Kräfte dazu verbraucht wird, das Metall durch Erhitzung dehnbarer zu machen, gleichfalls in Rechnung gestellt werden.

Solche Ermittelungen, die — soweit des Verfassers Kenntniss reicht — bislang noch nicht angestellt worden sind, dürften recht interessante Ergebnisse liefern, jedoch fast immer darauf hinauslaufen, dass der geringere Aufwand beim Giessen zu Tage tritt. Denn durch das Schmelzen und Giessen ist man im Stande, vielfach gegliederte Formen durch eine einmalige Wärmeentwickelung hervorzubringen, während die Verarbeitung im ungeschmolzenen Zustande gewöhnlich eine grössere Anzahl einzelner auf einander folgender Arbeitsleistungen erheischt.

Aus diesem Grunde zieht man in allen Fällen, wo durch Giessen der Zweck zu erreichen ist und die Eigenschaften des gegossenen Metalls den Anforderungen der Verwendung entsprechen, das Arbeitsverfahren durch Giessen dem Arbeitsverfahren im ungeschmolzenen Zustande vor.

# I. Die Formgebung durch Schmelzen und Giessen — Giesserei.

## 1. Die Arbeitseigenschaften der Metalle und Legirungen hinsichtlich ihrer Verwendung zur Giesserei.

### a. Die Schmelzbarkeit.

Wir nennen einen Körper um so leichter schmelzbar, je weniger Wärme er verbraucht, um aus dem festen Aggregatzustande und zwar aus einer Temperatur von Nullgrad in den flüssigen Zustand überzugehen.

Daher ist die Schmelzbarkeit der Körper von drei Factoren abhängig:

erstens von der specifischen Wärme, welche angiebt, wie viel Wärme der Körper bedarf, um auf eine bestimmte Anzahl Grade erwärmt zu werden;

zweitens von dem Schmelzpunkte des Körpers, welcher angiebt, um wie viele Temperaturgrade die Erwärmung stattfinden muss, bis Uebergang in den flüssigen Zustand stattfindet;

drittens von der Schmelzungswärme (latenten Wärme), welche bei dem Uebergange in den flüssigen Zustand verbraucht wird.

Sind diese drei Werthe bekannt, so würde es nicht schwierig sein, daraus die Schmelzbarkeit zu ermitteln. Ist z. B. die specifische Wärme $= s$, der Schmelzpunkt $= t$, die Schmelzungswärme $= l$, so ist die erforderliche Wärmemenge, um 1 Kilogramm des Metalls zu schmelzen,

$$W = st + l,$$

und da die Schmelzbarkeit sich umgekehrt wie die zum Schmelzen verbrauchte Wärmemenge verhält, so würde sich die Schmelzbarkeit durch die Formel

$$S = \frac{1}{W} = \frac{1}{st + l}$$

ausdrücken lassen.

In der That ist für mehrere Metalle die im flüssigen Zustande aufgenommene Wärme in der soeben beschriebenen Weise berechnet worden.

Da jedoch die specifische Wärme der Körper sich mit der Temperaturzunahme ändert und ein Durchschnittswerth zwischen den Tempera-

turen von Nullgrad bis zum Schmelzpunkte nicht immer bekannt ist, und da ebenfalls die Schmelzungswärme nur bei einzelnen Metallen ermittelt worden ist, so hat man in anderen Fällen durch ein einfaches Verfahren ohne Weiteres die Gesammtmenge der vom schmelzbaren Metalle aufgenommenen Wärme ermittelt, indem man eine bestimmte Menge des flüssigen Metalls in Wasser von ermittelter Menge und Temperatur abkühlt und aus der Temperaturzunahme des Wassers die abgegebene Wärmemenge des Metalls berechnet, welcher sich mit Hülfe der für niedrige Temperaturen bekannten specifischen Wärme der Metalle leicht noch diejenige Wärmemenge hinzuaddiren lässt, die zur völligen Abkühlung des Metalls auf Nullgrad entzogen werden müsste.

Formel:

$$W = s t_1 + \frac{V(t_1 - t_2)}{G},$$

worin $s$ die specifische Wärme des Metalls in niedriger Temperatur, $t_1$ die Temperatur des Wassers nach dem Eingiessen, $t_2$ die Temperatur vor dem Eingiessen, $V$ das Gewicht des Wassers in Kilogrammen, $G$ das Gewicht des Metalls in Kilogrammen bedeutet[1]).

Man hat theils durch diesen directen Versuch, theils durch Berechnung nach der frühern Formel folgende Werthe gefunden, denen wir die Schmelzpunkte der Metalle gegenüber stellen wollen:

| | Wärmemenge. | Schmelzpunkt. |
|---|---|---|
| Gussstahl . . . . . . | 300 W. E. | 1375° C.[2]) |
| Graues Roheisen . . | 245 „ „ | 1275° „[2]) |
| Weisses Roheisen . . | 230 „ „ | 1075° „[2]) |
| Kupfer . . . . . . . | 165 „ „ | 1200° „[2]) |
| Silber . . . . . . . | 77 „ „ | 1000° „ |
| Gold . . . . . . . | nicht ermittelt | 1200° „ |
| Zink . . . . . . . . | 71 W. E. | 415° „ |
| Zinn . . . . . . . | 27 „ „ | 233° „ |
| Wismuth . . . . . | 22 „ „ | 267° „ |
| Blei . . . . . . . . | 16 „ „ | 326° „ |

Ueber die zum Schmelzen der übrigen Metalle erforderliche Wärmemenge fehlen noch ausreichende Ermittelungen.

---

[1]) Gruner benutzt zu solchen Ermittelungen bei schwer schmelzbaren Körpern einen kupfernen Wasserbehälter von 20 Liter Inhalt, 300 Mm. im Quadrat, 240 Mm hoch, umgeben von einer mit Flanell umgebenen Holzkiste, um jeden Wärmeverlust zu vermeiden. In der Mitte dieses Behälters ruht ein kleineres Gefäss aus Kupferblech auf Füssen und dient zur Aufnahme des heissen Metalls. Dasselbe ist 200 Mm. im Quadrat, 60 Mm. hoch, die Füsse 50 Mm. hoch. Ein kupferner Spatel mit Glasgriff dient zum Umrühren des Wassers, ein in $1/10$ Grade getheiltes Thermometer zum Messen. Gruner, Analytische Studien über den Hochofen. Uebersetzt von Steffen, Wiesbaden 1875, S. 106.

[2]) Nach Gruner.

Häufig verwechselt man den Begriff „Schmelzbarkeit“ mit niedriger Schmelztemperatur. Obschon die Schmelzbarkeit im Allgemeinen mit der steigenden Schmelztemperatur eines Körpers abnimmt, lehrt uns doch ein Blick auf obige Tabelle, dass diese Abnahme nicht etwa in einem stetigen Verhältnisse stattfindet, sondern dass sogar einzelne Metalle mit höherm Schmelzpunkte leichter schmelzbar sein können, als andere mit niedrigerm Schmelzpunkte, weil ihre specifische und Schmelzungswärme eben geringer sind. So ist z. B. das Blei leichter schmelzbar als Wismuth und Zinn, obgleich es eine höhere Temperatur zum Schmelzen als diese Metalle erfordert; Zink ist nur wenig leichter schmelzbar als Silber, schmilzt aber bei einer um fast 600 Grad niedrigern Temperatur als dieses, denn die specifische Wärme des Zinks ist 0,0927, diejenige des Silbers nur 0,0557.

Die Gegenüberstellung der vom schmelzenden Metalle aufgenommenen Wärme und des Schmelzpunkts desselben Metalls ist nicht ohne Nutzen, und es ist zu bedauern, dass in dieser Beziehung nicht noch umfassendere Versuche angestellt worden sind. Denn ein leicht schmelzbares Metall, dessen Schmelzpunkt aber hoch liegt, erfordert zum Schmelzen immerhin ein Brennmaterial, welches im Stande ist, bei der Verbrennung eine entsprechend höhere Temperatur, als der Schmelzpunkt des Metalls ist, zu entwickeln, also eine relativ geringe Menge eines Brennstoffs mit hohem Wärmeeffecte; im umgekehrten Falle aber kann ein Brennmaterial von geringerm Wärmeeffecte, sobald es nur in genügender Menge verbrannt wird, die zum Schmelzen eines schwerer schmelzbaren Metalls erforderliche Wärmemenge liefern, wenn der Schmelzpunkt, also die zu entwickelnde Temperatur, nicht hoch liegt.

Ueber die von Legirungen aufgenommenen Wärmemengen liegen keine, über die Schmelzpunkte derselben verhältnissmässig wenige Ermittelungen vor. Das Saigern der meisten Legirungen macht oft genaue Ermittelungen unmöglich; denn in allen Fällen, wo aus der flüssigen Masse sich schon feste Legirungen ausscheiden, wird Wärme frei und es ändert sich die Zusammensetzung der zurückbleibenden flüssigen Legirung, so dass die aus den Versuchen hervorgehenden Ergebnisse ihre Richtigkeit einbüssen.

Gewöhnlich, doch nicht immer, liegt der Schmelzpunkt der Legirungen tiefer als der Schmelzpunkt der legirten Metalle.

Beispiele.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Thl. Blei, | 1 | Thl. Zinn | | | | schmilzt | bei | 189° C. |
| 1 | „ „ | 3 | „ „ | | | | „ | „ | 180° „ |
| 1 | „ „ | 6 | „ „ | | | | „ | „ | 190° „ |
| 3 | „ „ | 2 | „ „ | | | | „ | „ | 211° „ |
| 6 | „ „ | 1 | „ „ | | | | „ | „ | 270° „ |
| 8 | „ „ | 3 | „ „ | 8 | Thle. Wismuth | | schmelzen | bei | 94½° C. |
| 16 | „ „ | 12 | „ „ | 8 | „ | „ | „ | „ | 140° C. |

Für Bronzen vermittelte Künzel folgende Schmelzpunkte:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 95 | Thle. | Kupfer, | 5 | Thle. | Zinn | schmelzen | bei | 1369° C. |
| 92 | „ | „ | 8 | „ | „ | „ | „ | 1290° „ |
| 90 | „ | „ | 10 | „ | „ | „ | „ | 1250° „ |
| 89 | „ | „ | 11 | „ | „ | „ | „ | 1220° „ |
| 86 | „ | „ | 14 | „ | „ | „ | „ | 1150° „ |
| 84 | „ | „ | 16 | „ | „ | „ | „ | 1100° „ |
| 80 | „ | „ | 20 | „ | „ | „ | „ | 1020° „ |

Für Phosphorbronzen:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mit | 9,97 | Thln. | Zinn, | 1,17 | Thln. | Phosphor | schmelzen | bei | 1242° C. |
| „ | 10,15 | „ | „ | 1,08 | „ | „ | „ | „ | 1233° „ |

Messing mit gleichviel Zink und Kupfer soll nach Daniell bei 912° C. schmelzen, mit zunehmendem Kupfergehalte steigt, mit zunehmendem Zinkgehalte fällt der Schmelzpunkt.

Bei diesen Ermittelungen über die Schmelzpunkte der Legirungen sind jedoch Zweifel an der absoluten Richtigkeit um so mehr gerechtfertigt, je höher der Schmelzpunkt liegt; theils, wie soeben erwähnt, wegen des Saigerns der Legirungen, theils wegen der Unzuverlässigkeit der vorhandenen Pyrometer, und, wenn man den Schmelzpunkt durch Eingiessen in Wasser ermittelt, wegen der schon erwähnten Veränderlichkeit der specifischen Wärme der Metalle in höheren Temperaturen.

## b. Die Dünnflüssigkeit.

Je mehr die Cohärenz der Molecüle eines Metalls oder einer Legirung bei dem Uebergange in den flüssigen Zustand aufgehoben wird, desto dünnflüssiger ist dasselbe. Als höchstes Stadium der Dünnflüssigkeit kann man den gasförmigen Zustand des Metalls betrachten.

Je dünnflüssiger ein Metall ist, in desto schwächere Querschnitte lässt sich dasselbe giessen. Daher befördert die Dünnflüssigkeit erheblich die Verwendbarkeit des Metalls oder der Legirung zur Giesserei. Im Allgemeinen steigt die Dünnflüssigkeit mit der Temperatur, auf welche das Metall oberhalb seines Schmelzpunkts erhitzt wird. Deshalb wird sich ein Maass zur sichern Vergleichung der Dünnflüssigkeit kaum finden lassen. Je geringer der Querschnitt ist, welchen das flüssige Metall beim Giessen ausfüllen soll, desto stärker erhitzt muss es in die Gussform gegossen werden.

In gewisser Hinsicht ist mithin die Dünnflüssigkeit, wenn wir die Kleinheit des Gussquerschnitts als Maass für dieselbe annehmen, von ihrer specifischen Wärme abhängig; denn je grösser die letztere ist, desto angsamer wird das eingegossene Metall abgekühlt und zum Erstarren ebracht werden, desto leichter wird es den Querschnitt ausfüllen.

Auch die Art und Weise des Flüssigwerdens spricht jedoch hierbei mit. Manche Metalle durchlaufen einen breiartigen Zustand, andere gehen ganz plötzlich aus dem festen in den flüssigen Zustand über. Letztere pflegen dünnflüssiger zu sein als erstere. Oft beeinflussen geringe Beimengungen fremder Körper die Dünnflüssigkeit in erheblichem Grade. Graues Roheisen, obschon schwerer schmelzbar als weisses, ist dünnflüssiger als dieses. Ein Schwefelgehalt des Eisens verringert die Dünnflüssigkeit beträchtlich, Phosphor erhöht sie. Legirungen des Kupfers mit Zinn und Zink sind dünnflüssiger als reines Kupfer, insbesondere wächst die Dünnflüssigkeit mit dem Zinkgehalte. Ebenso erhöht ein Bleizusatz zur Bronze deren Dünnflüssigkeit (jedoch gleichfalls die Saigerungsfähigkeit). Auch bei den Neusilberlegirungen wächst die Dünnflüssigkeit mit dem Zinkgehalte. Zinn ist im reinen Zustande weniger dünnflüssig, als mit Blei und Antimon legirt. Die Beeinflussung der Dünnflüssigkeit durch solche Zusätze und Legirungen ist jedenfalls in vielen Fällen eine Folge der Erniedrigung des Schmelzpunkts. Wird das Metall auf gleiche Temperatur als vorher erhitzt, so fällt es dünnflüssiger aus.

Der Begriff der Dünnflüssigkeit bleibt deshalb immerhin ein nicht ganz genau bestimmter, nicht messbarer, und ein von der persönlichen Beurtheilung abhängiger.

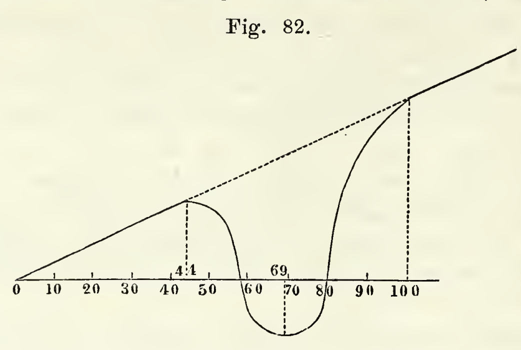
### c. Die Schwindung.

In Folge des bekannten Gesetzes von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme nehmen die Abmessungen derselben bei der Erwärmung bis zum Schmelzpunkte stetig zu. Die Ziffer, welche angiebt, um wie viel seiner ursprünglichen Abmessungen ein Körper bei der Erhitzung um eine gewisse Anzahl Wärmegrade sich ausdehnt, nennt man den Ausdehnungscoefficienten. Derselbe beträgt z. B. für eine Wärmezunahme von 0 bis 100 Grad Celsius für die linearen Abmessungen der Metalle:

für Blei $^1/_{351}$,
„ Gold $^1/_{682}$,
„ Gusseisen $^1/_{900}$,
„ Schmiedeeisen $^1/_{812}$,
„ Stahl, ungehärtet $^1/_{927}$,
„ „ gehärtet $^1/_{807}$,
„ Kupfer $^1/_{582}$,
„ Messing $^1/_{535}$,
„ Platin $^1/_{1100}$,
„ Silber $^1/_{524}$,
„ Zink $^1/_{340}$,
„ Zinn $^1/_{516}$.

Diese Ausdehnungscoefficienten ändern sich aber in höherer Temperatur. Meistens wachsen sie, je näher dem Schmelzpunkte das Metall erhitzt wird. Bei einzelnen Körpern tritt auch bei fortschreitender Erwärmung eine Unterbrechung der Ausdehnung durch plötzliche Verdichtung ein. So zeigt z. B. das sogenannte Rose'sche Metall aus 8 Thln. Wismuth, 8 Thln. Blei, 3 Thln. Zinn das Maximum seiner Dichtigkeit bei 69° C., und es lässt sich die Zu- und Abnahme seiner Dichtigkeit durch die Curve Fig. 82 veranschaulichen, welche uns zeigt, dass von 0 bis 44 Grad das Volumen stetig zunimmt, dann plötzlich sich stark verringert, von 69 Grad an wieder zunimmt und bei der Schmelzung ($94\frac{1}{2}$ Grad) dasselbe Maass erreicht, als hätte die Ausdehnung von 0° an ununterbrochenen gleichmässigen Fortgang erfahren.

Fig. 82.




Wenn es schon aus diesem Grunde unmöglich ist, die totale Zunahme der Abmessungen bis zum Schmelzpunkte mit Hülfe des Ausdehnungscoefficienten zu ermitteln, so kommt noch ein zweiter Umstand hinzu, welcher die Benutzung jener Ausdehnungscoefficienten für Ermittelung der Abmessungen des flüssigen Metalls verbietet. Es ist dieses die Thatsache, dass einzelne Körper bei einer gewissen Temperatur des flüssigen Zustandes dichter sind als unmittelbar bei und nach dem Erstarren, sich also ausdehnen, wenn sie starr werden. Vom Wasser ist mit Sicherheit festgestellt, dass es bei + 4° C. seine grösste Dichtigkeit besitzt; es dehnt sich beim Gefrieren aus, zersprengt seine Gefässe und das Eis schwimmt auf dem Wasser. Aehnlich verhält sich nach Schott's Versuchen Gusseisen, höchstwahrscheinlich auch mehrere andere Metalle. Es folgt aber hieraus, dass bei allen jenen Metallen, welche sich beim Erstarren ausdehnen, die Abnahme des Volumens vom flüssigen Zustande bis zum erkalteten um so geringer ausfallen muss, je grösser die Ausdehnung beim Erstarren war. Wenn diese momentane Ausdehnung sehr gross ist, kann möglicherweise die totale Abnahme der Abmessungen vom flüssigen bis zum erkalteten Zustande Null werden, ein Fall, welcher wenigstens annähernd bei einigen graphitreichen Gusseisensorten zutrifft.

Es muss also ein neuer Coefficient ermittelt werden, welcher angiebt, um wie viel der Körper im Ganzen seine Abmessungen beim Uebergange aus dem flüssigen bis zum vollständig erkalteten Zustande verkleinert, und diesen Coefficienten nennen wir den Schwindungscoefficienten, den ganzen Inbegriff der Volumenverkleinerung oder die

Differenz zwischen den Abmessungen im flüssigen und erkalteten Zustande die **Schwindung**.

Die Kenntniss des Schwindungscoefficienten eines zu giessenden Metalls ist von Wichtigkeit, denn jener Coefficient giebt an, um wie viel die Abmessungen des zur Aufnahme des geschmolzenen Metalls bestimmten hohlen Raumes, der die Gestalt und Grösse des Abgusses bestimmt und **Gussform** genannt wird, grösser sein muss, als die Abmessungen des erkalteten Körpers.

Man unterscheidet einen **linearen** Schwindungscoefficienten, welcher angiebt, um wie viel die einzelnen Abmessungen eines Körpers beim Schwinden kleiner werden und einen **cubischen** Schwindungscoefficienten, welcher die Abnahme des Volumens angiebt. Der cubische Schwindungscoefficient ist fast genau gleich dem dreifachen linearen Schwindungscoefficienten [1]). In der Praxis kommt fast nur der lineare Schwindungscoefficient zur Anwendung.

Auch bei einem und demselben Metalle ist der Schwindungscoefficient nicht immer derselbe. Er ist abhängig von den Erstarrungsverhältnissen, von zufälligen Beimengungen des Metalls. Um jedoch dem Arbeiter, welcher die Gussform herstellt, ein wenigstens annähernd zutreffendes Verhältniss zu geben, um welches er die Abmessungen grösser zu nehmen hat, wenn der Abguss richtig ausfallen soll, hat man **mittlere** Durchschnittswerthe für die Schwindungscoefficienten der einzelnen Metalle ermittelt, bei deren Benutzung man sicher sein kann, in den gewöhnlichen Fällen wenigstens nicht erheblich von der Wahrheit abzu-

---

[1]) Es sei
$v$ der Rauminhalt des Körpers vor dem Schwinden,
$v_1$ „ „ „ „ nach „ „
$a$ eine Seite des Körpers vor dem Schwinden,
$a_1$ „ „ „ „ nach „ „
$s$ der lineare } Schwindungscoefficient,
$s_1$ „ cubische }
so ist
1) $a_1 = a\,(1 - s)$,
2) die gesammte cubische Schwindung
$s_1 v = v - v_1$, also
$$s_1 = \frac{v - v_1}{v} = 1 - \frac{v_1}{v}.$$
Da sich die Cubikinhalte ähnlicher Körper wie die Cuben gleichliegender Seiten verhalten, so ist
$$3)\ \frac{v_1}{v} = \frac{a_1^3}{a^3} = \frac{[a\,(1 - s)]^3}{a^3} = (1 - s)^3 = 1 - 3s + 3s^2 - s^3;$$
also nach Gleichung 2)
$$s_1 = 1 - \frac{v_1}{v} = 3s - 3s^2 + s^3.$$
Bei der Kleinheit von $s$ kann man den Werth $- 3s^2 + s^3 =$ Null setzen; es ist dann
$$s_1 = 3s.$$

weichen. Solche Durchschnittswerthe der linearen Schwindungscoefficienten sind folgende:

Gusseisen $^1/_{96}$,
Gussstahl $^1/_{72}$,
Zink $^1/_{80}$,
Messing mit 30 Proc. Zink $^1/_{62}$,
Geschützbronze mit 10 Proc. Zinn $^1/_{130}$,
Glockenbronze mit 20 Proc. Zinn $^1/_{65}$,
Statuenbronze mit 86 Proc. Kupfer, übrigens Zinn und Zink $^1/_{77}$,
Zinn $^1/_{147}$,
Blei $^1/_{92}$.

Auf die Schwindung ist bei der Formgebung der Metalle durch Giessen in vielfacher Beziehung Rücksicht zu nehmen, und manche auf den ersten Blick vielleicht räthselhafte Erscheinungen beim Giessen finden eine natürliche Erklärung, wenn man sie auf die Folgen der Schwindung zurückführt.

Giesst man einen Abguss, welcher mehrere ungleich starke Querschnitte in solcher Anordnung vereinigt, dass die einen nicht schwinden können, ohne die anderen zu beeinflussen — z. B. ein Rad mit starkem Kranze und schwachen Armen —, so erstarren und erkalten die schwächeren Querschnitte rascher als die stärkeren. In dem hocherhitzten Zustande des Metalls ordnen sich die Molecüle desselben diesen Verhältnissen entsprechend; aus den stärkeren Querschnitten, die zum Theil noch flüssiges Metall enthalten, wird auch wohl Metall zur Ausgleichung der Verkürzung der Theile mit schwächeren Querschnitten abgegeben. Diese erkalten also unbehindert, und es würde vollständiges Gleichgewicht im Abgusse herrschen, wenn nunmehr die Schwindung unterbrochen werden könnte. Nun aber beginnen erst die Theile mit stärkeren Querschnitten zu schwinden, sich zu verkürzen, dadurch einen Zug oder Druck auf die schon erkalteten Theile auszuüben. Das Gleichgewicht in dem Zusammenhange der Molecüle wird gestört, es tritt Spannung ein[1]. Ein geringes äusserliches Ereigniss, ein Stoss, eine ungleichmässige Erwärmung genügt, eine Zerreissung herbeizuführen. Die Zerreissung erfolgt

---

[1] Aus der unvermeidlichen Folge dieses Vorgangs, dass nämlich in einem und demselben Abgusse die Theile mit stärkeren Querschnitten nach dem Erkalten kürzere Abmessungen zeigen, als die früher erkalteten Theile mit schwächeren Abmessungen, sobald ihr Zusammenhang ein solcher ist, dass durch Schwindung der einen ein Zug oder Druck auf die anderen entsteht, hat man vielfach, insbesondere für Gusseisen, den Schluss gezogen: rasch erkaltendes Metall schwindet weniger als langsam erkaltendes, schwache Querschnitte weniger als starke, eine Folgerung, die in dieser abstracten Form unrichtig ist. Man braucht nur zwei Stäbe von genau gleicher Länge, aber sehr verschiedenen Querschnitten ohne Zusammenhang mit einander zu giessen, um den Beweis zu erhalten. Ueber hierauf bezügliche, später mehrfach wiederholte Versuche des Verfassers siehe Berg- und Hüttenmännische Zeitung, Jahrgang 1869, S. 50.

um so rascher, je spröder das Metall an und für sich ist, je weniger es den auf eine Verschiebung seiner Theile hinwirkenden Kräften nachzugeben vermag. Gusseisen, welches unter den zur Giesserei benutzten Metallen das am wenigsten dehnbare ist, zeigt daher am meisten Neigung, Spannungen zu erzeugen; und unter den Gusseisensorten zeichnen sich die aus Rasenerzen, Minette und ähnlichen Erzvorkommnissen erblasenen phosphorreichen Sorten vorzugsweise durch die beim Schwinden entstehende Spannung unvortheilhaft aus.

In gleicher Weise wie die durch verschiedene Querschnittsstärken hervorgerufene ungleichmässige Abkühlung kann auch, wenn die Querschnitte gleich sind, eine durch äussere Einflüsse bewirkte ungleichzeitige Erkaltung des Gussstücks wirken. Ein Entblössen des Gussstücks an einer Stelle von der schützenden Sanddecke, während die andere bedeckt bleibt, Regentropfen, welche den heissen Abguss treffen, und andere Zufälligkeiten können Spannung und späteres plötzliches Zerspringen des Gussstücks herbeiführen, dessen Ursache dann häufig nicht mehr zu erforschen ist.

Man hat verschiedene Mittel, die Entstehung von Spannungen zu vermeiden. Das einfachste Mittel ist die Anwendung gleich starker Querschnitte in einem und demselben Abgusse und gleichmässiges, durch Umgeben des heissen Abgusses mit schlechten Wärmeleitern bewirktes Erkaltenlassen desselben. Die Anwendung gleichmässig starker Querschnitte ist eine Regel, auf welche die Constructeure von Maschinentheilen, architektonischer Gegenstände u. s. w. nicht genug aufmerksam gemacht werden können.

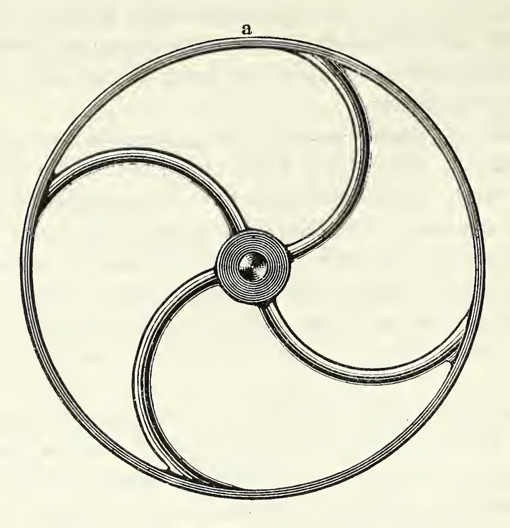
Die Bestimmung des Gussstücks gestattet jedoch nicht in allen Fällen die Anwendung solcher ganz gleichmässiger Querschnitte. Das alsdann zunächst liegende Mittel ist, durch längeres Bedeckthalten der schwächeren Theile nach dem Abgiessen mit schlechten Wärmeleitern, wozu man gewöhnlich Sand benutzt, und durch beschleunigte Abkühlung der stärkeren, indem man sie der Luft aussetzt oder bei sehr grossen Querschnittsdifferenzen auch wohl mit Wasser besprengt, ein möglichst gleichzeitiges Erkalten aller Theile des Abgusses zu bewirken. Eine solche Beeinflussung der Abkühlung muss mit grosser Umsicht geschehen, und kann dann einen gewünschten Erfolg liefern, ist jedoch um so schwieriger durchzuführen, je grösser der Unterschied in den Querschnittsverhältnissen ist.

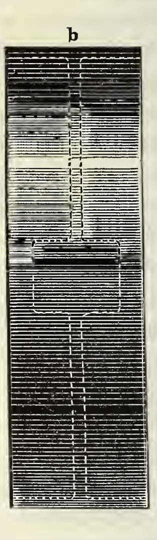
Man sucht deshalb wohl von vornherein dem Abgusse eine derartige Form zu geben, welche ein leichtes Verziehen einzelner Theile ohne Gefahr für das Zerspringen ermöglicht, und vermindert dann ausserdem ein zu starkes Verziehen durch die soeben erwähnte Regelung der Abkühlung.

Aus diesem Bestreben ist die Form der Riemenscheiben und Räder mit gebogenen Armen hervorgegangen. Es ist sehr leicht einleuchtend, dass die gebogenen Arme der Riemenscheibe, Fig. 83 (a. f. S.), weit leichter ein Zusammenziehen des Kranzes gestatten, als wenn sie radial

gegen denselben gerichtet wären, und es bedarf keiner Erklärung dafür, dass ihre Spannung um so geringer ausfällt, je kleiner ihr Krümmungshalbmesser, je grösser ihre Krümmung ist.

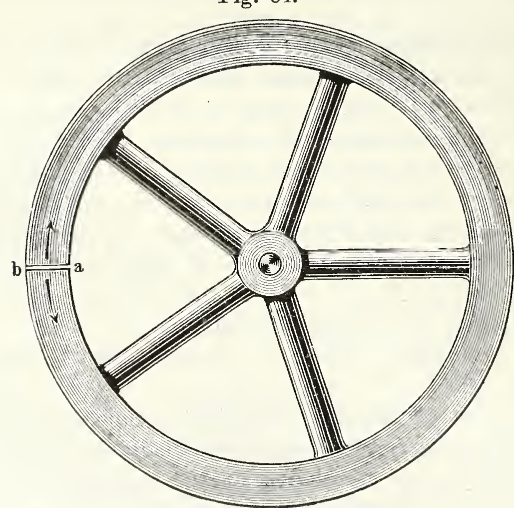
Fig. 83.



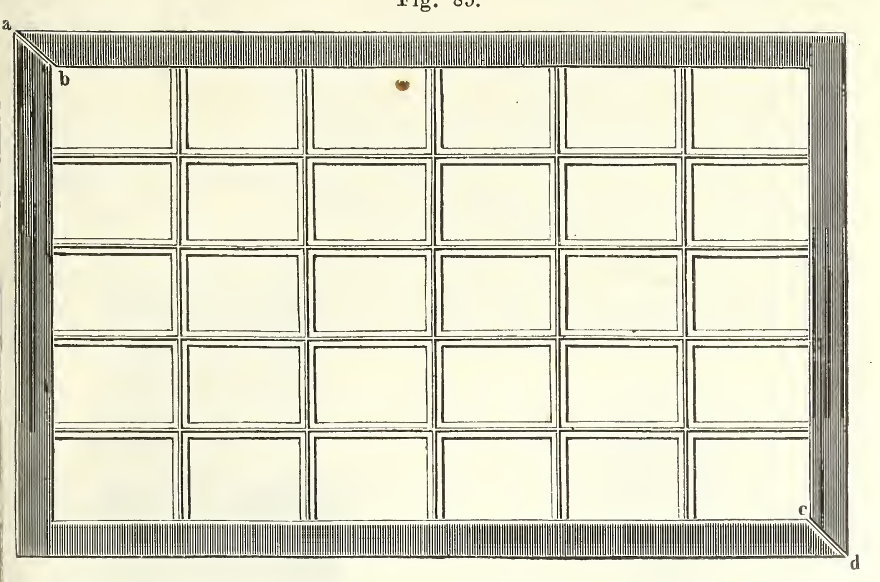

Bei sehr grossen Querschnittsdifferenzen in solchen geschlossenen Formen ist jedoch das wirksamste Mittel einer Durchtheilung des stärkern Gliedes in zwei Theile, welche später durch mechanische Bearbeitung vereinigt werden. Wenn man z. B. bei dem Schwungrade, Fig. 84, den starken Kranz, wie bei *ab* angedeutet ist, durch ein in die Gussform eingesetztes, mit Graphit bestrichenes Blechstückchen theilt, also dort einen durchgehenden Spalt eingiesst (der sich später leicht durch ein eingesetztes Metallstückchen schliessen lässt), so wird der Kranz nicht mehr in radialer Richtung, sondern nach der Richtung der Pfeile sich zusammenziehen; die Arme werden ein wenig, jedoch weit weniger dadurch verbogen werden, als wenn die Schwindung nach dem Mittelpunkte zu statt-

Fig. 84.



fände. Derselbe Fall zeigt sich bei dem Fenster, Fig. 85. Sind die Unterschiede in den Querschnittsabmessungen mässig, so genügt eine

Fig. 85.




einmalige Theilung des Fensterrahmens, bei grösseren Unterschieden heilt man wie in der Figur zweimal, bei sehr grossen Unterschieden wohl an allen vier Ecken.

Bei grossen Abgüssen, welche eine Menge Metall an einer Stelle vereinigen, entstehen in Folge der Schwindung im Innern hohle, mit krystallinischen Bildungen erfüllte Räume von oft beträchtlicher Grösse. Die Erstarrung der Metallmasse schreitet nämlich von aussen nach innen fort. Der äussere Mantel ist schon zum Theil geschwunden, während der Kern noch flüssig ist. Erstarrt und schwindet dieser, so muss schliesslich ein Vacuum zurückbleiben und zwar an derjenigen Stelle, wo das letzte flüssige Metall sich befand. Solche Höhlungen können die Brauchbarkeit eines Abgusses vollständig in Frage stellen. Sie entstehen um so leichter, je stärker der Querschnitt und je grösser der Schwindungscoefficient des Metalls ist. Bei Messingguss treten sie wegen des grossen Schwindungscoefficienten ($^1/_{62}$) mit Vorliebe auf und finden sich häufig auch in weniger starken Querschnitten. Es ist daher zur Erzielung dichten Gusses von Wichtigkeit, solche Legirungen zu wählen, deren Schwindung möglichst wenig bedeutend ist, und zwar muss diese Rücksicht um so mehr befolgt werden, je grösser der Rauminhalt, je langsamer also die Erstarrung des Gussstücks in seinen innersten Theilen ist. Der Schwindungscoefficient dürfte sich verringern lassen durch möglichst geringen Zinkzusatz; soll eine zu kupferreiche Legirung vermieden werden, durch theilweisen Ersatz des Zinks durch geringere Mengen Zinn und

Blei, wodurch die Zusammensetzung sich derjenigen der zinkhaltigen Statuenbronzen (S. 11) nähert. Gründliche Ermittelungen hierüber würden nicht ohne Nutzen für die Praxis sein. Bei sehr starken Gussstücken vermeidet man diese Hohlungen oder „Aussaugungen" durch Anbringen eines sogenannten „verlorenen Kopfes". Der verlorene Kopf ist ein Aufsatzstück auf dem beim Giessen zu oberst befindlichen Theile des Gussstücks von solcher Form und Grösse, dass es später erstarrt als das eigentliche Gussstück und dadurch gewissermaassen als ein Behälter für das flüssige Metall dient, aus welchem die beim Schwinden des Abgusses entstandenen Hohlräume sich wieder anfüllen. Der Kopf enthält also nach dem Erstarren den Hohlraum, welcher eben durch Anwendung des Kopfes im eigentlichen Gussstücke vermieden ist. Fig. 86 veranschaulicht einen hydraulischen Presscylinder mit solchem verlorenen, vollen Kopfe, Fig. 87 einen Dampfcylinder mit ringförmigem Kopfe. In beiden

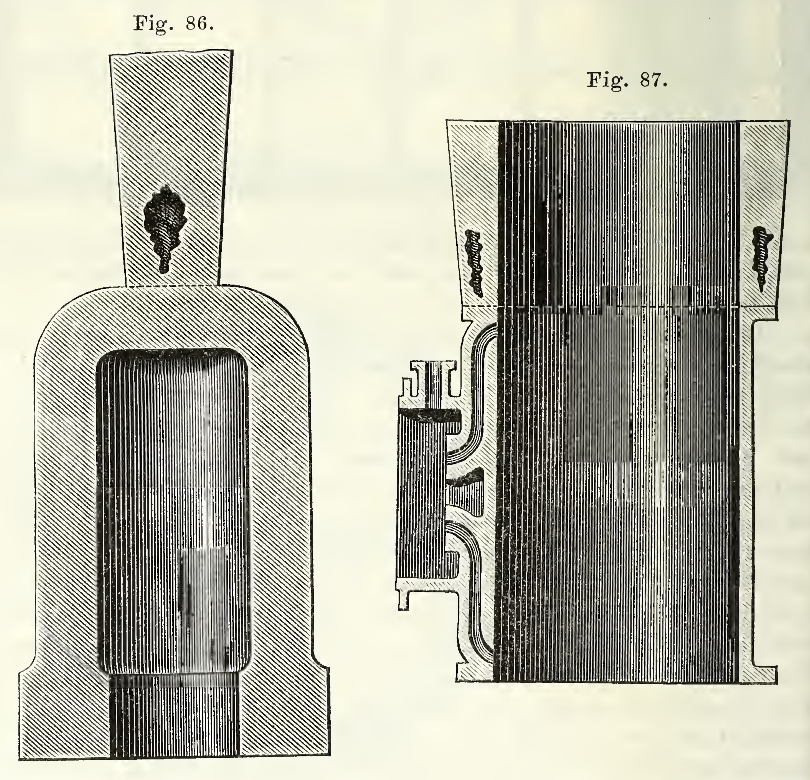


Fig. 86. Fig. 87.

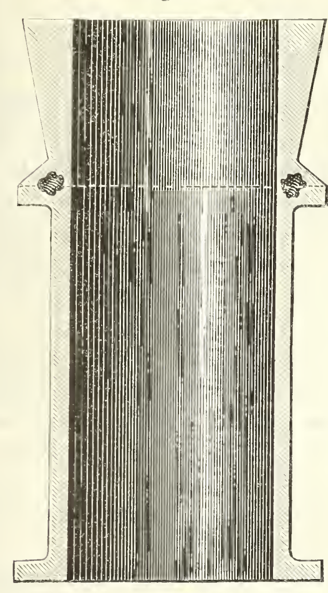
Figuren ist die Stelle angedeutet, wo sich die Hohlung nach dem Erstarren befindet.

Es ist also die Aufgabe des Giessers, erstens dem Kopfe eine der obigen Bestimmung entsprechende Form zu geben; zweitens auch durch möglichst langes Warmhalten eine frühzeitige Erstarrung des im Kopfe

befindlichen flüssigen Metalls zu vermeiden. Man sucht diesen Zweck durch Bedeckthalten des Kopfes mit schlechten Wärmeleitern (Kohlenlösche, Asche) und fleissiges Nachgiessen frischen heissen Metalls zu erreichen. Sehr bald erkennt man an einer Senkung der Oberfläche, wie das Metall aus dem Kopfe in den Abguss „nachgesogen" wird, die entstandenen Hohlräume des Abgusses ausfüllend.

Die richtige Construction eines verlorenen Kopfes ist nicht immer leicht und erfordert mannichfache Erwägung. Als Hauptziel muss man dabei stets im Auge behalten, dass der Kopf später als das eigentliche Gussstück erstarren soll. Deshalb würde z. B. ein verlorener Kopf auf einem Cylinder, wie in Fig. 88, gerade den entgegengesetzten Erfolg haben. Das Metall würde in dem schwachen Querschnitte *ab* früher erstarren, als in dem darunter liegenden stärkern; in der Mitte des letztern, also gerade da, wo der Kopf entfernt wird und der Guss dicht sein soll, würde eine Höhlung entstehen.

Fig. 88.



Da die Hohlräume um so leichter gebildet werden und um so grösser ausfallen, je länger das Metall im Innern flüssig bleibt, so ist es Regel, das Metall um so weniger über seinen Schmelzpunkt erhitzt in die Gussform zu giessen, je compacter das Gussstück ist.

Nach dem Erkalten des Abgusses sammt Kopf wird letzterer von dem erstern durch mechanische Bearbeitung losgelöst und als Rohmaterial weiter verwendet.

Eine andere Folge der Schwindung ist das leichte Krummziehen quadratischer oder kreisrunder Platten. Bei einem jeden plattenförmigen Körper beginnt die Schwindung vom Rande und schreitet nach der Mitte hin fort, Fig. 89. Je weiter der Mittelpunkt der Platte vom Rande entfernt liegt,

Fig. 89.

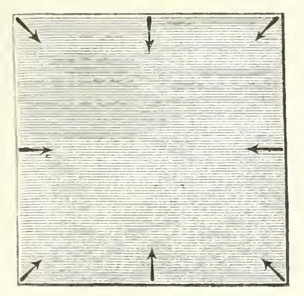
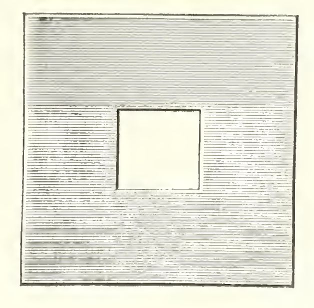


Fig. 90.



je weniger ungleich also die Achsen der Platte sind, desto langsamer wird die Abkühlung bis zur Mitte vordringen, desto ungleichmässiger wird die Schwindung sein. Die schwindenden Theile veranlassen ein Ausweichen, Krummziehen der anderen. Die Platte wird „windschief“. Man vermeidet deshalb nach Möglichkeit solche regulären Formen für flache Körper und wählt lieber oblonge oder, wo es angeht, rahmenförmige (Fig. 90, a. v. S.).

Aehnliche Folgen der Schwindung sind zahllos und täglich in den Giessereien zu beobachten. Auch dem erfahrensten Giesser kann es bisweilen geschehen, dass er diese Folgen nicht richtig voraus berechnet hat und erst durch das Misslingen des Gussstücks seinen Irrthum erkennt.

### d. Die Entwickelung von Gasen aus den Metallen.

Das vielfach zu beobachtende Aufsteigen von Gasblasen in den flüssigen Metallen ist eine Erscheinung, welche trotz ihrer Wichtigkeit für die Technik erst in den letzten Jahren sich eine etwas eingehendere Beachtung seitens der Metallurgen und Chemiker erringen konnte. Die Schwierigkeit, Gase dem flüssigen Metalle zu entziehen und zu sammeln, die Umständlichkeit der Gasuntersuchung nach den älteren Methoden, endlich vielleicht auch der Umstand, dass man die Wichtigkeit solcher Untersuchungen nicht gebührend schätzte, vereinigten sich, von erschöpfenden Versuchen in dieser Beziehung abzuhalten. Daher kommt es, dass unser Wissen auf diesem Gebiete noch sehr klein im Verhältnisse zu dem ist, was wir nicht wissen, und dass wohl in keinem andern Capitel der metallurgischen Chemie so viele ungelöste Fragen der Beantwortung harren, als gerade hier.

Man kann jenes Aufsteigen von Gasbläschen in irgend einem geschmolzenen Metalle auf zwei Hauptursachen zurückführen:

1) auf einen chemischen Process, welcher innerhalb des flüssigen Metalls vor sich geht und die Entstehung eines gasförmigen Körpers veranlasst;

2) auf ein einfaches Entweichen von Gasen, die in dem flüssigen Metalle eben so gelöst waren, wie sich Kohlensäure und Sauerstoff im Wasser lösen und eben so aus den Metallen wie diese Gase aus dem Wasser entweichen, wenn ein verringerter Druck, heftige Bewegung, Erstarrungsverhältnisse oder sonstige Zufälligkeiten dieses Entweichen verursachen. Besonders häufig wirkt der Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand auf das Entweichen gelöster Gase hin, obschon ein Theil derselben fast immer auch im festen Zustande gelöst bleibt.

Findet die Gasentwickelung statt, während das Metall noch vollständig flüssig war, und finden die Gasbläschen Zeit, an die Oberfläche zu steigen und dort zu entweichen, so bleibt der ganze Vorgang ohne besondere Folgen für die Eigenschaften des Arbeitsstücks; anders ist es

aber, wenn das Metall, dem Erstarren nahe, bereits in einem so dickflüssigen Zustande sich befand, dass die Gasblase in demselben suspendirt blieb, oder wenn die ringsum geschlossene Gussform das völlige Entweichen hindert. Sie zeigt sich alsdann selbstverständlich auf der Bruchfläche des erkalteten Metalls als ein Hohlraum, der sich durch seine glatten Wände deutlich von den durch Schwindung entstandenen mit Krystallanhäufungen angefüllten Höhlungen unterscheidet. Den Eigenschaften des Metalls und den Entstehungsursachen entsprechend finden sich solche hohlen Stellen theils in mikroskopischer Kleinheit zahllos auf der ganzen Bruchfläche vertheilt (in den meisten Bronzen, im Kupfer u. a.), theils in einzelnen grösseren Blasen bis zu Haselnussgrösse an dieser oder jener Stelle des Arbeitsstücks. In beiden Fällen beeinträchtigen sie das specifische Gewicht (die Dichtigkeit) und die Festigkeit des Arbeitsstücks und wirken in dieser Beziehung um so gefährlicher, da ihre Anwesenheit oft gar nicht anders als nach erfolgtem Bruche bemerkt werden kann; treten sie aber an der Oberfläche eines Arbeitsstücks auf, welches bearbeitet wird und vollständig glatt, eben sein muss — z. B. an der Innenfläche eines Dampf- oder Gebläsecylinders, an der Aussenfläche von Walzen für Metalle, Papier und andere Zwecke —, so können sie ebenso wie die in Folge der Schwindung entstandenen Höhlungen die Brauchbarkeit des ganzen Gussstücks unmöglich machen.

Da, wie erwähnt, die Eigenschaften der Metalle in dieser Beziehung erst in sehr geringem Maasse der Forschung unterzogen worden sind, lässt sich die Entstehungsursache solcher Gasblasen oft nur auf Muthmaassungen zurückführen.

Wenn man schwefelhaltiges Kupfer (Schwarzkupfer) im geschmolzenen Zustande der Einwirkung von Sauerstoff der atmosphärischen Luft aussetzt, so steigen nach einiger Zeit Blasen auf, die an der Oberfläche zerplatzen, die ganze Oberfläche kommt in Wallung, es werden selbst Kupfertheilchen umhergeworfen (Spratzen oder Sprühen des Kupfers). Es entweicht schweflige Säure. Giesst man eine Probe des Kupfers aus, so bläht sich dieselbe beim Erstarren auf, zeigt kraterartige Auswüchse und eine blasige bis schwammförmige Beschaffenheit. Das Entweichen des Gases wird durch Rühren mit birkenen Stangen (Polen) befördert und lässt nach Verlauf einiger Zeit nach. Das Kupfer, welches jetzt viel Kupferoxydul enthält, fliesst ruhig, zeigt aber auf der erkalteten Bruchfläche immerhin eine grosse Anzahl, wenn auch oft sehr kleiner Bläschen, die seine Dichtigkeit beeinflussen und höchst wahrscheinlich noch von schwefligsaurem Gas herrühren. Denn das Kupfer enthält immer noch Spuren von Schwefelkupfer, und so lange gleichzeitig Kupferoxydul vorhanden ist, findet eine stete Reaction beider Körper auf einander unter Bildung von schwefliger Säure statt. In der hohen Schmelztemperatur des Kupfers vergrössert sich aber das Volumen der entwickelten schwefligen Säure auf mehr als das Fünffache, und es sind deshalb nur verschwindend kleine Gewichtsmengen von Schwefelkupfer bei Gegenwart

von Kupferoxydul nöthig, um schon ansehnliche Volumina schwefliger Säure zu erzeugen.

Setzt man nun zur Entziehung des für die Brauchbarkeit des Kupfers allzu reichlich vorhandenen Kupferoxyduls das Schmelzen unter reducirenden Einflüssen, insbesondere unter stetem Polen fort (Zähpolen), so entsteht das hammergare Kupfer, welches zwar den erreichbar höchsten Grad von Dichtigkeit zeigt, auf dessen Bruchfläche man jedoch mit dem Mikroskop immerhin noch zahlreiche, von Gasbläschen herrührende sehr kleine Hohlräume entdeckt, welche nach Ansicht des Verfassers theils von noch entwickelter schwefliger Säure, theils von gelösten und wieder entlassenen Polgasen herrühren dürften. Auch durch Umschmelzen des Kupfers unter den gewöhnlichen Einflüssen ist es nicht möglich, diese poröse Beschaffenheit des hammergaren Kupfers völlig zu beseitigen.

Setzt man nun das Polen noch weiter fort, so nimmt die blasige Beschaffenheit des Kupfers wieder in auffallendem Maasse zu (überpoltes Kupfer). Der Grund hierfür mag in dem Umstande liegen, dass mit dem Verschwinden des Kupferoxyduls die Fähigkeit des Kupfers wächst, Polgase, insbesondere Wasserstoffgas zu lösen, welche bei Gegenwart von Kupferoxydul zu Kohlensäure und Wasser — beide unlöslich in Kupfer — oxydirt sein würden, und dass diese gelösten Gase beim Erstarren wieder gasförmige Gestalt annehmen [1]).

Zur Beurtheilung der Verwendbarkeit des Kupfers für die Giesserei wird man deshalb die Thatsachen im Auge behalten müssen,

dass schwefelhaltiges Kupfer bei Gegenwart von Kupferoxydul schwefligsaures Gas entwickelt;

dass vom reinen (kupferoxydulfreien) Kupfer Wasserstoff in grosser Menge, Kohlenoxyd in geringerer Menge gelöst [2]), ölbildendes Gas unter Ausscheidung von Kohle und Lösung von Wasserstoff zersetzt werde;

dass schweflige Säure sowohl von reinem als oxydulhaltigem Kupfer gelöst, und

dass endlich die gelösten Gase beim Erstarren des Kupfers wieder zum grossen Theile entlassen werden.

Diese Umstände machen es äusserst schwierig, wenn nicht unmöglich, vollständig dichte Güsse aus Kupfer zu erzielen.

Aeltere Metallurgen, neuerdings auch Künzel in Bezug auf die Bronze, nehmen an, dass neben Kupferoxydul freier Sauerstoff vom Kupfer gelöst werde, ohne in chemische Verbindung zu treten, und beim

---

[1]) Ueber die Gase im Kupfer siehe: Hampe, Beiträge zur Metallurgie des Kupfers. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate, Bd. 21 und 22.

[2]) Die Löslichkeit von Wasserstoff und Kohlenoxyd im Kupfer wurde ausser von Hampe auch von Caron nachgewiesen, Dingler's polyt. Journal, Bd. 183, S. 384.

Erstarren gasförmig entweiche, dadurch die poröse Beschaffenheit des Kupfers veranlassend. So leicht man mit Hülfe dieser Theorie im Stande sein würde, das Blasigwerden des Kupfers zu erklären, so ist doch bis jetzt durch Versuche ein Gehalt an freiem Sauerstoff im flüssigen Kupfer oder dessen Legirungen nicht nachgewiesen worden, und es hat aus mehreren anderen Gründen jene Annahme durchaus keine Wahrscheinlichkeit für sich.

Die Legirung des Kupfers mit geringen Mengen Zinn, Zink, Blei verändert sein Verhalten gegen Gase in bemerkenswerther Weise. Die Gasentwickelung (beziehentlich Gasaufnahme) nimmt ab, die Legirung wird dichter und zum Giessen geeigneter. Zum Theile liegt die Ursache dieser günstigen Einwirkung eines fremden Zusatzes wohl in dem Umstande, dass das Metall dadurch dünnflüssiger wird, in diesem dünnflüssigern Zustande aber die Suspension von aufsteigenden Gasbläschen weniger gestattet, als in dem dickflüssigern des reinen Kupfers. Aus demselben Grunde verhalten sich frisch bereitete Legirungen in dieser Hinsicht im Allgemeinen günstiger als ältere, schon mehrfach umgeschmolzene, auf deren Bruchfläche oft massenhafte kleine Hohlräume auftreten, welche das specifische Gewicht und die Festigkeit der Legirung beeinträchtigen. Durch die Lösung grösserer Mengen Metalloxyde, die beim Schmelzen sich bilden, werden nämlich die Legirungen wieder dickflüssiger, breiartiger, und befördern dadurch die Suspension der Gasbläschen, also die Entstehung blasigen Gusses.

Silber nimmt im geschmolzenen Zustande Sauerstoff in Lösung und entlässt denselben beim Erstarren mit grosser Lebhaftigkeit (Spratzen des Silbers). Legiren des Silbers mit Kupfer verringert diese Eigenschaft, wohl in Folge der Bildung von Kupferoxydul, welches sich in der Legirung löst.

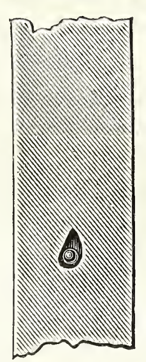
Gusseisen und Gussstahl besitzen ebensowohl die Eigenschaft, in Berührung mit gewissen Körpern Gase zu bilden, als auch gewisse Gase zu lösen und beim Erstarren theilweise zu entlassen. Auf die Gaserzeugung wirkt vorzugsweise der Kohlenstoffgehalt beider Eisensorten, welcher zu Kohlenoxyd oxydirt wird, sobald er mit sauerstoffabgebenden Körpern zusammenkommt. Zu den letzteren zählt hauptsächlich das Eisenoxyduloxyd, welches sich sofort bildet, sobald das glühende Eisen der Einwirkung der Luft ausgesetzt ist. Es entsteht nun eine wechselseitige Einwirkung zwischen diesem und dem Kohlenstoff des Eisens; Eisenoxyduloxyd wird reducirt, Kohlenoxyd entweicht. Die Reaction ist um so stärker, je siliciumärmer das Eisen ist, denn bei grossem Siliciumgehalte entsteht statt des Eisenoxyduloxyds kieselsaures Eisenoxydul, dessen Einwirkung auf den Kohlenstoff bedeutend geringer ist. Jedoch kann selbst freie Kieselsäure durch den Kohlenstoff des Eisens unter Kohlenoxydbildung reducirt werden, wie sich beim Schmelzen von Gussstahl in quarzhaltigen Tiegeln gezeigt hat.

So lange dieser abwechselnde Oxydations- und Reductionsprocess nur an der Oberfläche des der Luft ausgesetzten flüssigen Eisens vor sich geht, zeigen sich die Folgen desselben nur in jenen früher erwähnten Bläschen und Blattern mit darunter liegenden Vertiefungen (S. 18); wenn aber der oxydirende Körper sich in tieferen Schichten des Metalls befindet, so muss das gebildete Gas in die Höhe steigen und kann, wenn es nicht mehr Zeit zum völligen Entweichen findet, zur Entstehung eines Hohlraumes Veranlassung geben. Dieser Fall tritt z. B. ein, wenn das mit oxydirten Bestandtheilen bedeckte flüssige Metall beim Eingiessen in die Gussform Theilchen jener Bestandtheile mit hinabreisst. Eine sorgfältige Reinigung der Oberfläche des Metalls von allen jenen Verbindungen im Augenblicke des Giessens ist daher eine wichtige Bedingung für die Erzielung dichten Gusses.

Es kann aber auch in der Gussform selbst in gewissen Fällen noch Oxydation eintreten. Wenn z. B. im ersten Augenblicke des Giessens das Metall beim Niederfallen aus beträchtlicher Höhe spritzt, so bilden sich Kügelchen, die sich rasch mit einem Häutchen oxydirter Bestandtheile überziehen. Sie werden nun vom nachströmenden Eisen emporgehoben, das Oxydhäutchen wird reducirt und es entsteht ein Kohlenoxydbläschen. Gewöhnlich ist aber inzwischen die Temperatur so weit gesunken, dass dieses nicht mehr entweichen kann und, wie in Fig. 91 in natürlicher Grösse dargestellt ist, oberhalb des Kügelchens suspendirt bleibt.

Gase, welche vom flüssigen Eisen gelöst und kurz vor dem Erstarren zum Theil wieder entlassen werden, sind nach den Ermittelungen von Cailletet, Troost und Hautefeuille Wasserstoff, Kohlenoxyd in reichlichen Mengen, weniger reichlich Stickstoff. Wasserstoff findet sich vorwiegend in kohlenstoffreichen, Kohlenoxyd in kohlenstoffarmen Eisensorten. Das Lösungsvermögen des Eisens für Gase vermindert sich mit steigendem Kohlenstoffgehalte, weit mehr aber noch mit steigendem Siliciumgehalte. Stahl vermag deshalb im flüssigen Zustande erheblich grössere Mengen Gase als Roheisen zu lösen, und unter den Roheisensorten löst das silicium- und kohlenstoffreiche graue Roheisen die geringste Menge, ist also in dieser Hinsicht am leichtesten zur Darstellung dichten Gusses zu verwenden.

Fig. 91.



Unter den übrigen Metallen ist noch das Nickel als ein solches zu nennen, welches gern Gase in höherer Temperatur löst und beim Erstarren entlässt. Man findet das gegossene Nickel mit zahlreichen Blasenräumen durchsetzt. Auch die Nickelkupferlegirungen verhalten sich ebenso. Erhitzt man eine Legirung von 80 Thln. Nickel und 20 Thln. Kupfer zur Weissgluth und lässt die geschmolzene Masse rasch abkühlen, so entsteht eine so heftige Gasentwickelung, dass ein

mit der Legirung nur halb gefüllter Tiegel übersteigt. Künzel nimmt an, dass das gelöste Gas freier Sauerstoff sei, eine Ansicht, welche wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat[1]).

Die bei niedrigerer Temperatur schmelzbaren Metalle — Zink, Blei, Zinn — scheinen die Eigenschaft, Gase zu lösen oder zu entwickeln, wenig oder gar nicht zu besitzen und liefern blasenfreien Guss. Jedenfalls spricht jedoch hierbei auch die schon oben erwähnte bedeutende Volumenvergrösserung mit, welche alle Gase mit zunehmender Temperatur erleiden, und die in der Schmelztemperatur des Gusseisens, Stahls, Kupfers, der Bronze und anderen das Fünf- bis Sechsfache des Volumens bei gewöhnlicher Temperatur beträgt. Jedes unbedeutende, in den bei niedriger Temperatur schmelzenden Metallen vielleicht unbeachtet bleibende Gasbläschen zeigt sich also in den höheren Schmelztemperaturen jener Metalle in beträchtlicher Vergrösserung, die Dichtigkeit merklich beeinflussend.

Bei dem überaus nachtheiligen Einflusse, welchen die Gasentbindung aus dem flüssigen Metalle auf das Gelingen des Gusses ausübt, liegt dem Giesser die wichtige Aufgabe ob, diese Gasentbindung nach Möglichkeit zu verhindern oder einzuschränken.

War dieselbe Folge einer Gaserzeugung, also einer chemischen Action innerhalb des Metallbades, so muss eben darauf hingewirkt werden, diejenigen Körper fern zu halten, welche diese Gaserzeugung bewirken. Verarbeitet man Kupfer — sei es für sich oder in Legirungen —, so ist offenbar dasjenige am geeignetsten zur Erzielung dichten Gusses, welches seines Schwefelgehalts am vollständigsten beraubt ist, ohne überpolt zu sein. Giesst man Gusseisen oder Stahl, so hat man darauf zu halten, dass im Augenblicke des Eingiessens alle gebildeten Oxyde von der Oberfläche mit Sorgfalt entfernt werden.

Ist die Gasentwickelung als Folge einer vorausgegangenen Lösung zu betrachten, so muss die erste Sorge die sein, diese Lösung zu verhindern, indem man die Berührung des schmelzenden oder geschmolzenen Metalls mit dem löslichen Gase unmöglich macht; also indem entweder das schmelzende Metall in eine schützende Hülle eingeschlossen wird (z. B. beim Schmelzen in Tiegeln), oder indem man die Erzeugung löslicher Gase überhaupt ausschliesst (z. B. durch Wahl geeigneten Brennmaterials: schweflige Säure, aus mineralischen Brennstoffen entwickelt, löst sich im Kupfer und dessen Legirungen, daher die Anwendung von Holz beim Schmelzen u. s. f.). Vollkommen wird jedoch auf solche Weise der Zweck selten erreicht; es steht diesem Mittel dann das andere gegenüber, das Löslichkeitsvermögen des Metalls durch geeignete Legirung zu verringern, gleichzeitig die Dünnflüssigkeit erhöhend und dadurch die Sus-

---

[1]) Der häufige Gehalt des Nickels an Kohlenstoff lässt eher auf Kohlenoxyd schliessen, unter Einwirkung vorhandenen Kupferoxyduls oder Nickeloxyduls entstanden.

pension von Gasbläschen erschwerend (Silber mit Kupfer, Kupfer mit Zink oder Zinn, Nickel mit Kupfer und Zink u. s. f.). Lässt sich auch auf diese Weise eine Aufnahme gasförmiger Körper durch das flüssige Metall nicht ganz verhindern, so ist ein höchst wichtiges und von allen einsichtsvollen Giessern benutztes Mittel zur Erzielung dichten Gusses das Befördern des Entweichens der Gase, bevor das Metall in die Gussform gelangt. Zu diesem Zwecke dient ein fleissiges Durchrühren des geschmolzenen Metalls mit hölzernen oder eisernen Stangen; ferner ein langsames Erkaltenlassen desselben vor dem Eingiessen auf eine Temperatur, die nur eben noch für den erforderlichen Flüssigkeitsgrad ausreicht, damit die Gase Zeit finden, zu entweichen. Giesst man stark überhitztes Metall in die Gussform, so findet rasche Abkühlung, rasche und reichliche Gasentwicklung, aber auch rasche Erstarrung statt, in Folge deren die gebildeten Gasblasen suspendirt bleiben.

Wenn eine dickflüssige Beschaffenheit des geschmolzenen Metalls das Aufsteigen der bereits gebildeten Gasbläschen erschwert, so sind Mittel anzuwenden, welche das Metall dünnflüssiger machen, also die schon erwähnte Legirung mit anderen Metallen, oder, wenn die Dickflüssigkeit von gelösten Metalloxyden hervorgerufen ist, die Reduction derselben vermittelst Polens oder Phosphorzusatz bei Bronzen.

Da alle innerhalb der Gussform noch ausgeschiedenen Gase selbstverständlich nach oben steigen, so kann in vielen Fällen die Anbringung eines verlorenen Kopfes (S. 100) an geeigneter Stelle, welcher die Gasblasen (und auch ausgeschiedene oder mechanisch mit in die Gussform gelangte feste Körper) aufnimmt, die Gefahr des Misslingens des Gusses durch solche Körper beseitigen. Kommt es nur darauf an, dass vorzugsweise eine Seite des Gussstücks dicht werde, so wird man aus demselben Grunde diese zu unterst giessen.

Ein letztes, aber am schwierigsten durchführbares Mittel, einen von Gasblasen freien Guss zu erhalten, ist das Giessen und Erstarrenlassen unter starkem Drucke. Wie jede andere Flüssigkeit behalten auch die geschmolzenen Metalle um so reichlichere Mengen Gas in Lösung, je stärker der auf ihnen lastende Druck ist. Wenn aber die im Metalle gelösten (also flüssig gewordenen) Gase verhindert sind, wieder Gasform anzunehmen, bevor das Metall völlig starr geworden ist, so ist ihnen eben dadurch jede Möglichkeit benommen, als Bläschen im Gussstücke suspendirt zu bleiben.

Am einfachsten sucht man diesen Zweck durch Anbringung eines hohen verlorenen Kopfes zu erreichen, dessen Gewicht auf dem darunter befindlichen flüssigen Metalle lastet. Man macht sich jedoch vielfach übertriebene Vorstellungen von dieser Wirkung des Kopfes durch mechanischen Druck. Um nur einen Ueberdruck gleich einer Atmosphäre auf das Metall hervorzubringen, würde bei Gusseisen und Gussstahl ein Kopf von ca. 1,4 M. Höhe, bei Bronze und Messing von ca. 1,2 M. Höhe erforderlich sein. Dadurch würde eine Menge flüssiges Metall für den Kopf erforderlich werden, welches nach dem Erstarren schwierig zu zerkleinern

und deshalb nur mit erheblichen Kosten wieder verwendbar zu machen sein würde. Deshalb findet man selten so hohe verlorene Köpfe angewendet.

Mechanische Vorrichtungen, um einen Druck auf das in der Gussform befindliche Metall (insbesondere Gussstahl) hervorzubringen, sind mehrfach angewendet worden und bestehen in den meisten Fällen in einer hydraulischen Presse, deren Kolben auf das flüssige Metall drückt. Es ist jedoch leicht einzusehen, dass jede Anwendung solcher Vorrichtungen mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen haben wird, und es beschränkt sich daher dieselbe fast gänzlich auf die Herstellung roher, für weitere Verarbeitung bestimmter Blöcke. Näheres hierüber siehe Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, Braunschweig 1876, S. 683.

### e. Die Eigenschaften der Metalle unter den Einflüssen des Erstarrens und Abkühlens.

Wenn ein Metall aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht und ihm dabei mehr und mehr Wärme entzogen wird, so lagern sich die kleinsten Theilchen des Metalls entsprechend den auf sie wirkenden Einflüssen, und es entsteht auf diese Weise das Gefüge, die Textur des Metalls. Da ein jedes Metall das Bestreben zu krystallisiren besitzt, dieses Bestreben aber durch entgegen wirkende Einflüsse bei der Erstarrung und Abkühlung nur in mehr oder minder beschränktem Maasse zur Ausführung gelangen kann, so kann das Gefüge des erstarrten Metalls gewissermaassen als ein sichtbarer Ausdruck des Krystallisationsbestrebens sowohl, als der diesem Bestreben entgegen wirkenden Einflüsse betrachtet werden.

Je rascher die Wärmeentziehung vor sich geht, desto kleiner sind im Allgemeinen die krystallinischen Flächen, desto „dichter“ das Gefüge. Von dem Gefüge des Metalls ist aber zum grossen Theile das Maass seiner Festigkeit, Härte, Widerstandsfähigkeit u. s. w. abhängig.

Am wenigsten erkennbar ist diese Beeinflussung des Gefüges durch langsamere oder raschere Erkaltung bei den leichtschmelzigeren Metallen, am wichtigsten beim Gusseisen und der Bronze.

Lässt man geschmolzenes silicium- und kohlenstoffreiches Gusseisen langsam abkühlen, so zeigt die Bruchfläche ein grossblättriges Gefüge mit reichlicher Graphitbildung. Das Eisen ist weich, leicht bearbeitbar, aber weniger fest.

Wird dasselbe Eisen rasch abgekühlt, so wird das Gefüge feinkörniger, Festigkeit und Härte sind beträchtlicher.

Ist das Eisen weniger reich an Silicium, so findet bei rascher Abkühlung keine Graphitausscheidung mehr statt, die Bruchfläche ist weiss, die Härte bedeutend. Das Eisen ist äusserst schwierig bearbeitbar, spröde, aber ungemein widerstandsfähig gegen Einflüsse der Reibung. Ein Mangangehalt des Eisens erhöht diese Einwirkung rascher Abkühlung.

Wird endlich demselben Eisen nur von einer Seite her rasch Wärme

entzogen, so zeigt es auf dieser Seite die zuletzt beschriebenen Eigenschaften, auf der langsamer erkaltenden Seite die Eigenschaften des normalen grauen Gusseisens. Dem von Sir Robert Mallet zuerst aufgestellten Gesetze über die Molecularaggregationen krystallisirbarer Körper zufolge gruppiren sich an der rasch erkaltenden Seite die Atome zu krystallinischen Bildungen, deren Hauptachsen rechtwinklig gegen die Abkühlungsfläche gerichtet sind, strahlenförmig von dieser ausgehend und ganz allmälig in das körnige Gefüge des grauen Eisens übergehend.

Durch diese Eigenschaft des grauen siliciumärmern Gusseisens ist die für die Praxis wichtige Möglichkeit gegeben, in einem und demselben Arbeitsstücke an einzelnen Stellen die Härte und Widerstandsfähigkeit des weissen Roheisens, an anderen die Bearbeitungsfähigkeit und geringere Sprödigkeit des grauen Gusseisens hervorzurufen.

Aehnlich dem Gusseisen verhält sich die gegossene Bronze. Auch bei dieser ist das Gefüge im Allgemeinen feiner, dichter, die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit grösser bei rascher als bei langsamer Abkühlung. Wird die flüssige Bronze aber einer plötzlichen sehr intensiven Wärmeentziehung ausgesetzt, so gruppiren sich, wie beim Gusseisen, die Molecüle zu grösseren Krystallrudimenten zusammen, deren Hauptachsen parallel der Richtung der Wärmebewegung, also rechtwinklig gegen die abkühlende Fläche gerichtet sind, und es verringert sich durch diesen Vorgang die absolute Festigkeit.

Fast wichtiger noch als diese directe Beeinflussung des Gefüges ist für die Beschaffenheit der Gussstücke aus Bronzen und Legirungen überhaupt der Einfluss rascher oder langsamer Abkühlung auf die Saigerungsfähigkeit. Es wurde schon früher (S. 7) erwähnt, dass die Saigerung durch langsame Abkühlung der geschmolzenen Legirung befördert werde; wird dagegen die Legirung rasch bis unter denjenigen Temperaturgrad abgekühlt, bei welchem die leichtschmelzigste der aussaigernden Verbindungen erstarrt (bei Bronzen auf 500° C.), so kann keine Saigerung mehr stattfinden und die Bruchfläche zeigt völlig gleichartiges Gefüge. Wie sehr aber von dieser Gleichartigkeit des Gefüges die Festigkeit des Metalls abhängt, wird kaum eines Hinweises bedürfen.

Beiläufig sei erwähnt, dass man denselben Zweck grösserer Gleichmässigkeit und Dichtigkeit des Gefüges der Legirungen häufig auch durch mehrmaliges Umschmelzen zu erreichen sucht. Man nimmt gewöhnlich an, dass ein solches öfteres Umschmelzen die innigere „Mischung" der legirten Metalle befördere. Den Charakter einer Mischung können nun allerdings die Legirungen insofern besitzen, als in denselben mehrere chemische Verbindungen der Metalle neben einander vorzukommen pflegen; vielfach mag aber die Wirkung des öftern Umschmelzens auch in dem Umstande zu suchen sein, dass durch die sich mehr und mehr bildenden und im Metallbade lösenden Oxyde dieses eine breiartige Consistenz annimmt, durch welche die Saigerung erschwert wird.

## 2. Die Gussformen und ihre Herstellung.

Gussform im Allgemeinen nennen wir jeden Apparat, dazu bestimmt, das flüssige Metall zum Zwecke seiner Formgebung aufzunehmen und erstarren zu lassen. In allen Fällen besteht also die Gussform aus einem hohlen Raume von genau derselben Form als das herzustellende Arbeitsstück, in allen Abmessungen aber um das Schwindmaass grösser als dieses; umgeben von einer Masse, welche geeignet sein muss, sowohl dem mechanischen Drucke des Metalls als den Einflüssen der höhern Temperatur Widerstand zu leisten. Die Gussformen sind entweder an der nach oben gekehrten Seite offen (offene Gussformen) oder ringsum geschlossen und nur mit den erforderlichen Canälen zum Einströmen des Metalls (Eingüsse), Entweichen der Luft (Windpfeifen) etc. versehen (geschlossene Gussformen). Im erstern Falle besteht die Gussform gewöhnlich aus einem einzigen Ganzen, geschlossene müssen mindestens aus zwei Hälften, häufig aus drei oder vier Theilen bestehen, damit man bei der Herstellung zu dem Innern gelangen kann.

Wenn der Abguss an irgend einer Stelle eine Höhlung erhalten soll, einen Raum also, der vom flüssigen Metall nicht ausgefüllt wird, so muss selbstverständlich das Material der Gussform diesen Raum ausfüllen. Sofern nun diese Ausfüllung des hohlen Raumes nicht mit der Gussform aus einem Stücke besteht (was oft unausführbar sein würde), sondern als besonderer Theil eingelegt wird, nennen wir dieselbe Kern.

Daher wird die Höhlung eines Rohrs, die Nabenöffnung eines Rades, die Dampfcanäle der Dampfcylinder u. s. w. durch eingelegte Kerne gebildet.

Die Gussformen (und Kerne) lassen sich hinsichtlich der zu ihrer Anfertigung verwendeten Materialien in zwei grosse Gruppen sondern.

Die eine dieser Gruppen umfasst alle diejenigen Gussformen, welche aus bildsamem Materiale geformt sind. Obschon sie bis nach Beendigung des Erstarrens des Metalls ihre Form beibehalten, sind sie doch nicht dauerhaft genug, um für mehr als einen Guss zu dienen und müssen deshalb jedesmal neu angefertigt werden. Man nennt sie wohl verlorene Gussformen, Gussformen für einmalige Benutzung, und das gesammte Arbeitsverfahren ihrer Herstellung die Förmerei.

Die Gussformen der zweiten Gruppe sind aus starrem Materiale hergestellt (gegossen, gravirt, gepresst u. dergl.). Sie sind deshalb theurer in ihrer Herstellung, können aber für eine grosse Anzahl von Güssen dienen. Man nennt sie beständige Gussformen, Schalen, oder, unnöthigerweise mit einem Fremdworte, Coquillen.

## Gussformen und Kerne aus bildsamem Materiale.

### A. Die Formmaterialien.

Jedes Formmaterial für einmalige Gussformen muss im Wesentlichen vier Eigenschaften besitzen, um als solches gelten zu können:

es muss bildsam sein, d. h. es muss sich mit Leichtigkeit in bestimmte Formen drücken lassen;

es muss trotzdem genug Zusammenhang — Cohärenz — besitzen, um den mechanischen Einflüssen beim Giessen und Erstarren Widerstand zu leisten, ohne dass Beschädigung der Gussform eintreten kann;

es muss in der Temperatur des eingegossenen Metalls unschmelzbar sein und darf auch keine solchen chemischen oder physikalischen Aenderungen in jener Temperatur erleiden, welche den Zusammenhang der Gussform stören würden; gegen das Metall selbst muss es sich chemisch indifferent verhalten;

es muss porös genug sein, um den beim Giessen sich entwickelnden Dämpfen und Gasen Abzug zu gestatten.

Ein Formmaterial, welches zum Gusse eines schwerschmelzbaren Metalls geeignet ist, eignet sich auch für alle leichter schmelzbaren; nicht immer ist aber das für leichter schmelzbare Metalle geeignete Formmaterial auch für schwerer schmelzbare geeignet.

Häufig werden die Eigenschaften der natürlich vorkommenden Formmaterialien durch entsprechende Zusätze jenen Erfordernissen entsprechend verändert.

In allen Fällen werden die Formmaterialien in einem mit Wasser angefeuchteten Zustande zur Förmerei verwendet. Das Wasser dient dabei vermöge der Adhäsion als Bindemittel zwischen den einzelnen Theilchen des Materials, macht dasselbe also bildsam und zusammenhängend. Um die Wirkung der Feuchtigkeit zu verstehen, braucht man nur trocknen, losen Sand mit Wasser zu befeuchten, um ihn bildsam zu machen.

**Formsand.** Wenn man allgemein unter dem Ausdrucke „Sand“ den Inbegriff einer grossen Menge durch Zerfallen oder künstliche Zerkleinerung von Gesteinen entstandener kleiner quarzreicher Theilchen versteht, so sind nur wenige Sande geeignet, als Formsande zu dienen. Denn wenn auch vielen Sanden durch einen richtigen Feuchtigkeitsgrad die erfor-

derliche Bildsamkeit gegeben werden kann, so fehlt ihnen doch häufig die Porosität, um den sich beim Giessen bildenden Dämpfen ungehinderten Abzug zu lassen; und diese Porosität ist um so nothwendiger, da man das flüssige Metall in die noch feuchte Gussform zu giessen pflegt (Guss in grünem Sande), sich also reichliche Wasserdämpfe aus derselben entwickeln. Um mit den bezeichnenden Worten eines englischen Schriftstellers zu reden, müssen die Wände einer Gussform einem unschmelzbaren Siebe gleichen, welches die Fähigkeit besitzt, Luft und Wasserdampf entweichen zu lassen, seien die Wände auch noch so dick, welches dagegen dem flüssigen Metalle den Zugang durch seine engen Maschen verwehrt, unter welchem Drucke das Metall auch gegossen werde.

Diese Porosität wird hauptsächlich durch Form und Grösse der einzelnen Sandkörnchen bedingt. Je schärfer gezackt dieselben sind, desto mehr Zwischenräume bleiben zwischen zwei an einander gedrückten Sandkörnchen, und desto poröser ist also der Sand. Je feiner aber die einzelnen Körnchen sind, desto dichter werden sie auf einander liegen, desto weniger „durchlässig“ wird der Sand sein. Da nun aber begreiflicherweise die Flächen der Gussform um so sauberer, glatter ausfallen werden, je feinkörniger der zu ihrer Herstellung benutzte Formsand war, so wird man um so mehr Bedacht nehmen müssen, einen scharfkantigen, zackigen Formsand zu erhalten, je mehr Werth auf saubern Guss und deshalb feines Korn des Sandes gelegt wird. Die meisten Formsande besitzen eine Korngrösse von 0,04 bis 0,1 Millimeter im Durchmesser.

Ist die Korngrösse sehr ungleich, so lagern sich die feineren Körner zwischen die Zacken und Kanten der gröberen und benachtheiligen dadurch die Durchlässigkeit.

Die Bildsamkeit und Festigkeit des Sandes pflegt man zusammen mit dem Namen „Bindekraft“ zu bezeichnen. Dieselbe ist sowohl von der chemischen Zusammensetzung als der Form der Sandkörnchen abhängig. Die Untersuchung der Formsande ergiebt als Grundbestandtheil einen Kieselsäuregehalt von 85 bis 95 Proc. und einen Thonerdegehalt von 4 bis 10 Proc. Thonerdereiche Sande nennt man fette Sande, kieselsäurereiche magere.

Die Bindekraft wächst im Allgemeinen mit dem Thonerdegehalte, die Durchlässigkeit aber nimmt mit steigendem Thonerdegehalte ab.

Unwichtigere Bestandtheile des Formsandes sind Eisenoxyd, Calcium- und Magnesiumcarbonat, Hydratwasser. Eisenoxyd in geringeren Mengen ist unschädlich, in grösseren Mengen befördert es die Schmelzbarkeit des Sandes und wirkt dadurch nachtheilig. Hydratwasser und Kohlensäure bewirken durch ihr Entweichen in höherer Temperatur ein Zerfallen des Sandes und verändern dadurch seine Beschaffenheit. Bisweilen kann durch ein solches Zerfallen die Bindekraft geschwächt werden,

bei fetten Sanden pflegt aber die Durchlässigkeit für Gase und Dämpfe dadurch erhöht zu werden, und man unterwirft deshalb in einzelnen Fällen den Formsand vor seiner Benutzung einer Erhitzung zu diesem Zwecke.

Zackige Sandkörnchen werden, obschon sie mehr Zwischenräume zwischen sich lassen, doch bei dem Aneinanderdrücken fester zusammenhalten und dadurch dem Sande grössere Bindekraft verleihen als rundliche Sandkörnchen, welche wenig Berührungsfläche besitzen und gar nicht zu gebrauchen sind. Splittrige, längliche Körnchen ohne Zacken werden zwar Bindekraft, aber keine Porosität besitzen.

Für die öftere Benutzung eines und desselben Formsandes ist es von Wichtigkeit, dass die Sandkörnchen frei sind von Spalten und Rissen, welche ein Zerspringen derselben bei der Erhitzung herbeiführen. Durch solches Zerspringen wird die Korngrösse verändert, es entsteht „Schluff" oder „Mehl", der Sand wird undurchlässig. Aus diesem Grunde sind Formsande von der Oberfläche der Erdschicht, welche der Verwitterung lange Zeit ausgesetzt waren, häufig weniger brauchbar, als die tiefer liegenden.

Dieses Zerspringen einzelner Sandkörnchen in Vereinigung mit der erwähnten Zersetzung chemischer Verbindungen (Hydrate und Carbonate) durch die Erhitzung beim Giessen hat die Folge, dass ein anfänglich brauchbarer Formsand durch öftere Benutzung stets an Brauchbarkeit verliert, an Bindekraft und häufig an Durchlässigkeit einbüsst und daher von Zeit zu Zeit durch Zusatz frischen Sandes aufgefrischt werden muss.

Da nach dem Vorausgegangenen die Brauchbarkeit eines Sandes als Formsand weit weniger von seiner chemischen Beschaffenheit als von seinen physikalischen Eigenschaften abhängt, so ist es ein völlig nutzloses Beginnen, durch Analysen auf die Güte des Formsandes Schlüsse ziehen zu wollen. Das einzig sichere Mittel zur Beurtheilung der Eigenschaften des Formsandes ist die Anstellung eines Versuchs durch einen einsichtsvollen Former, ihn zum Formen und Giessen zu benutzen. Der Sand muss gut „stehen", der Guss muss ruhig, ohne Kochen des Metalls von Statten gehen, der Abguss sauber und scharf ausfallen. Es giebt jedoch eine Reihe Vorprüfungen, durch welche man vorläufig festzustellen pflegt, ob der Sand überhaupt auf den Namen Formsand Anspruch zu machen berechtigt ist.

Wenn man den Sand zwischen den Fingern reibt, erhält man durch das Gefühl ein Urtheil über die Grösse und Gleichmässigkeit der Sandkörnchen.

Wenn man den angefeuchteten Sand in der Hand zusammenballt und den entstandenen Ballen aus einander bricht, so erhält man durch den grössern oder geringern Zusammenhang desselben ein Maass für die Bindekraft des Sandes. Regel ist, dass der Ballen sich in zwei Hälften theilen lassen muss, ohne zu zerfallen. Ein zu reichlicher Thonerdegehalt des Sandes lässt sich hierbei mit einiger Uebung durch das fettige Gefühl

zwischen den Fingern und auch an der allzu bedeutenden Festigkeit des Sandballens erkennen.

Die Durchlässigkeit des Sandes prüft Schott, indem er von einem Sande bekannter Beschaffenheit und von dem zu prüfenden Sande Würfel von gleicher Grösse formt und dieselben so lange mit Wasser befeuchtet, bis sie nichts mehr davon aufnehmen, ohne zu zerfliessen. Das Wasser lässt man aus einer graduirten Bürette zutropfen, um die Menge desselben ermitteln zu können; oder man wägt vor und nach dem Annässen. Die Menge des von jedem der beiden Würfel aufgenommenen Wassers giebt ein Verhältniss für die Durchlässigkeit der Sande; denn in gleichem Maasse, wie das Wasser sich in den Zwischenräumen zwischen den Sandkörnchen vertheilt, werden auch die Gase und Dämpfe dort Auswege finden.

Bisweilen kann man durch Vermischen zweier oder mehrerer Sande, deren jeder für sich allein als Formsand unbrauchbar sein würde, einen vortrefflichen Formsand herstellen. In diesem Vermischen von Sandarten verschiedener Beschaffenheit liegt eine höchst wichtige Handhabe für den Former zur Herstellung brauchbarer Gussformen. So vermischt man in vielen Berliner Giessereien die fetteren Sande mit scharfkantigem sogenanntem Maurersande, um sie durchlässiger zu machen; mageren aber durchlässigen Sanden setzt man fettere zu, um ihre Bindekraft zu erhöhen u. s. f. Uebrigens ist einer und derselbe Formsand auch nicht für alle Verhältnisse geeignet, sondern es muss sich die Beschaffenheit desselben nach der jedesmaligen Beschaffenheit — Grösse und Form — des herzustellenden Gussstücks richten. Wenn z. B. eine grosse Menge Sand in der Gussform von dem flüssigen Metalle eingeschlossen wird und nur ein verhältnissmässig geringer Querschnitt für das Entweichen der Gase und Dämpfe übrig bleibt, so muss der Sand weit durchlässiger sein, als wenn dieselben nach allen Richtungen entweichen können; wenn in der Gussform schmale Rippen aus Sand vorstehen, z. B. Zähne für die Zahnlücken von Zahnrädern, welche durch die Bewegung des fliessenden Metalls leicht fortgespült werden können, so bedarf man eines Sandes von grösserer Festigkeit u. s. f.

Nur sehr wenige vorzügliche Formsande vereinigen die erforderlichen Eigenschaften des Formsandes in solchem Maasse, dass sie für fast alle Fälle der Formerei ausreichen.

Brauchbare Formsande finden sich in allen Erdschichten. Vorzügliche Formsande, besonders für saubern Guss geeignet und sehr durchlässig, finden sich im Buntsandstein, z. B. der rothe auch in deutschen Giessereien benutzte englische Formsand, der Formsand von Ilsenburg am Harze und andere mehr.

**Masse.** Wenn ein grösserer Thonerdegehalt des Formsandes dessen Bindekraft zwar erhöht, die Durchlässigkeit aber in solchem Maasse verringert, dass der Wassergehalt des Formmaterials beim Giessen nicht mehr

8*

rasch genug entweichen würde und deshalb vor dem Gusse durch eine künstliche Trocknung ganz oder theilweise entfernt werden muss, so nennt man den Formsand Masse.

Die Masse ist demnach dem gewöhnlichen oder grünen Formsande gegenüber gekennzeichnet durch grössere Bindekraft und geringere Durchlässigkeit.

Im allgemeinsten Sinne versteht man bekanntlich unter dem Ausdruck „Masse" einen feuerfesten Thon, dem man durch Zusatz eines sogenannten „Magerungsmittels" oder „Cements" die Eigenschaft genommen hat, beim Trocknen und Brennen Risse zu bekommen. Als solche Magerungsmittel dienen gröbere Körner von Quarz oder Chamotte, also Substanzen, welche sowohl für sich als mit dem Thone in gewöhnlichen Feuerungsanlagen unschmelzbar sind; ihre Wirkung ist eine rein mechanische und beruht auf dem Umstande, dass eine jede solche Unterbrechung der dichten Thonsubstanz durch einen eingelagerten fremden Körper auch die weitere Ausbreitung eines in Folge des Zusammenschwindens entstehenden Risses verhindert. Sofern die Masse für die Giesserei benutzt wird, bezwecken die Magerungsmittel zugleich eine Auflockerung des gesammten Formmaterials zum bessern Entweichen von Gasen, also die Erreichung grösserer Durchlässigkeit. Beide Aufgaben der Magerungsmittel werden um so besser erreicht werden, je scharfkantiger, zackiger die Körner sind. Je grösser der Gehalt der Masse an solchen Quarzkörnern (beziehentlich Chamottekörnern) ist, desto durchlässiger wird sie sein, desto weniger starke Trocknung der Gussform ist erforderlich, aber desto geringere Festigkeit wird sie auch besitzen und desto leichter wird sie, besonders unter dem Einflusse starker Erhitzung, sich als unbeständig erweisen oder auch zusammensintern. Denn alle feuerfesten Thone werden bekanntlich schmelzbar, sobald in dem Gemische das Verhältniss der vorhandenen Kieselsäure zur Thonerde ein gewisses Maass übersteigt.

Hieraus folgt aber, dass die Beschaffenheit der zur Formerei benutzten „Masse" sich um so mehr derjenigen des eigentlichen Formsandes nähern kann, und gleichzeitig die Trocknung derselben vor dem Gusse um so unbedeutender sein darf, je weniger Wärme beim Gusse abgegeben wird, je schwächer also die Abmessungen des Gussstücks und je leichtschmelziger das Metall ist; dass aber anderntheils die Beschaffenheit der Masse sich um so mehr der für feuerfeste Waaren benutzten thonreichen Masse nähern muss und um so stärkeres Trocknen beziehentlich Brennen verlangt, je stärker die Abmessungen des Gussstücks und je höher die Schmelztemperatur des Metalls ist (z. B. beim Giessen von Gussstahl).

Reichlicher Zusatz von schon gebrauchter Masse zur frischen (auch alter Chamottesteine im zerkleinten Zustande, Tiegelscherben u. s. w.) erhöht wesentlich die Durchlässigkeit der Masse und verhindert die Entstehung von Rissen, vermindert aber die Bindekraft. Für die meisten Fälle dürfte letztere jedoch immerhin noch gross genug bleiben, wenn

man grössere Mengen gebrauchter Masse mit geringeren Mengen frischer vermischt.

Die chemische wie physikalische Beschaffenheit der für die Formerei benutzten Masse liegt also innerhalb noch weiterer Grenzen als die des „grünen", d. h. im ungetrockneten Zustande benutzbaren Sandes. Denn wenn die für hohe Wärmegrade und grosse Güsse taugliche Masse im Allgemeinen zwar auch für leichter schmelzbare Metalle und kleinere Güsse tauglich bleibt, so lange sie hinreichender Trocknung unterworfen wird, so wird man doch zur Umgehung eben dieser stärkern Trocknung nach Möglichkeit dahin streben, eine quarzreichere, durchlässigere Masse anzuwenden, wo irgend die Umstände es gestatten.

Bisweilen findet sich eine für die Formerei geeignete Masse in der Natur, häufiger wird sie durch Vermischung geeigneter Substanzen bereitet. Man setzt zu diesem Zwecke zu einem grobkörnigen, für grünen Guss geeigneten Formsande einen thonigern, fettern Sand, oder man untermischt ein fettes, thoniges Material mit groben Quarzkörnern, Chamottekörnern, Kokes- oder Holzkohlenstückchen oder ähnlichen unschmelzbaren Substanzen. Ein Zusatz von Kokesklein ist der porösen Beschaffenheit dieses Materials halber besonders bei sehr dichter, undurchlässiger Masse in vielen Fällen wohl zu empfehlen.

**Lehm.** Man nennt im Allgemeinen jeden sandigen Thon Lehm, sobald die Sandkörner desselben nicht die Grösse und sonstigen Eigenschaften besitzen, um die Aufgabe jener der Masse beigefügten Magerungsmittel erfüllen zu können. Ohne Weiteres zu Bauzwecken oder zur Formerei verwendet würde der Lehm also beim Trocknen Risse bekommen und unbrauchbar werden. Wollte man diese Eigenschaft durch fernern Zusatz von Quarz, Chamotte oder dergleichen aufheben, so würde der Lehm bei seinem ohnehin grossen Sandgehalte an Bindekraft verlieren. Man muss also Zusätze wählen, welche diese Bindekraft nicht beeinträchtigen, sondern eher noch erhöhen, und als solche Zusätze dienen in der Formerei vorzugsweise Pferdedünger; auch Kuhdünger (selten), Kälberhaare, Torfgrus, Spreu, Gerberlohe und ähnliche, in feinen länglichen Stückchen vorkommende organische Substanzen. Alle diese Körper schwinden beim Trocknen zusammen oder werden bei stärkerer Erhitzung unter Zersetzung verflüchtigt, hinterlassen also kleine Hohlräume, welche wieder die Ausbreitung entstehender Risse im Lehme unterbrechen, ein Zusammenziehen desselben gestatten und ihn durchlässiger für Gase und Dämpfe machen. Pferdedünger hat vor den übrigen Zusätzen den Vortheil voraus, dass er neben der Erfüllung seiner eigentlichen soeben geschilderten Aufgabe auch die Bindekraft des Lehms erhöht und dadurch die Anwendung eines quarzreichern, durchlässigern Materials ermöglicht. Er wird deshalb in den meisten grösseren Giessereien in beträchtlicher Menge verbraucht und dem Lehm in Quantitäten von 60 bis 100 Volum-

procenten zugesetzt. Nur für sehr feine Güsse ersetzt man ihn durch den kostspieligern Kuhdünger. Kälberhaare werden gleichfalls als Zusatz für feinere Arbeiten gewählt, die übrigen Substanzen nur für sehr grobe Artikel.

Der Lehm ist weniger feuerbeständig als die eigentliche feuerfeste Masse, dagegen fester, widerstandsfähiger beim Gusse, als die quarzreicheren, in ihrer Beschaffenheit dem Formsande sich nähernden Massen.

Während Formsand und Masse beim Gebrauche nur mit so viel Wasser befeuchtet werden, dass sie Bindekraft erlangen, aber nicht an anderen Gegenständen (den Werkzeugen, Händen u. dgl.) kleben dürfen, wird der Lehm aus Gründen, die in dem Arbeitsverfahren beruhen und erst bei Beschreibung desselben verständlich werden können, mit so viel Wasser angerührt, dass er die Form eines dicken Breies erhält und an den Händen wie an den Werkzeugen klebt. Dieser reichliche Wassergehalt, welcher dem Lehme grosse Bildsamkeit verleiht, und der Zusatz organischer Substanzen als Magerungsmittel sind die kennzeichnenden Eigenthümlichkeiten desselben gegenüber der Masse.

Gewöhnlich verarbeitet man den Lehm ohne Weiteres in jener breiigen Form, für gewisse Zwecke fertigt man jedoch durch Einschlagen in hölzerne Kasten Lehmsteine in Form und Grösse von Ziegelsteinen daraus, welche erst an der Luft, später in der Wärme getrocknet werden und als Material für Herstellung von Gussformen dienen.

Es bedarf der Erwähnung, dass die Begriffe Formsand, Masse und Lehm nicht immer so streng wie in Vorstehendem unterschieden werden. In einzelnen Gegenden nennt man jede Masse „Formsand für getrocknete Formen“ und ist durch den Umstand dazu berechtigt, dass in der That die Beschaffenheit der benutzten Masse wenig von der Beschaffenheit des Formsandes für grünen Guss abweicht; in anderen Gegenden oder Giessereien, wo die vorhandene Masse gleichzeitig als Grundbestandtheil für die Lehmbereitung dient, nennt man diese rohe Masse wohl gleichfalls, wenn auch unrichtiger Weise, Lehm.

**Kohle.** Man verwendet Steinkohle, Graphit, Koks, Holzkohle, zwar niemals als selbstständige Formmaterialien, vielfach aber als Zusätze und Ueberzüge. Sofern nicht in der früher beschriebenen Weise eine einfache Auflockerung, Erhöhung der Durchlässigkeit durch den Kohlenzusatz bezweckt wird (wozu Koke und Holzkohle allein brauchbar sein würden), erfüllt die Kohle als Zusatz wie als Ueberzug der Gussformwände den Zweck, ein Zusammenfritten des Formmaterials unter sich, wie mit dem Metalle in der hohen Giesstemperatur zu verhüten.

Mischt man Kohle in feinster Vertheilung dem Formmateriale bei, so entwickeln sich in der hohen Giesstemperatur theils direct durch Zersetzung (bei der Steinkohle), theils indirect durch Einfluss von Sauerstoff und Wasserdampf auf den Kohlenstoff Gase, umhüllen die einzelnen

Körnchen und schützen sie in dieser Weise gerade in dem Augenblicke, wo die Gefahr des Zusammenfrittens am grössten ist, vor inniger Berührung unter sich wie mit dem Metalle. Es folgt hieraus, dass für diesen Zweck diejenige Kohle am geeignetsten sein wird, welche rasch und reichlich Gase entwickelt, also Steinkohle, und unter den Steinkohlen am geeignetsten die gasreichste.

Zu gleichem Zwecke und gleichzeitig zur Erhöhung der Bindekraft benutzt man bisweilen als Zusatz zur Masse Syrup, Bier und ähnliche organische Substanzen. Sehr dichte Masse und Lehm vertragen weniger als durchlässiger Formsand gasreiche Zusätze, welche bei rascher Gasentwickelung ein Zerreissen der dichten Gussformwände zur Folge haben könnten. Wenn daher bei diesen Materialien überhaupt ein solcher Zusatz erforderlich ist, beschränkt man sich auf weniger energisch wirkende: Koks, Holzkohle. Für Lehm ist Graphit aus Gasretorten ein sehr brauchbarer und wirksamer Zusatz.

Die Menge der dem Formsande zugesetzten Kohle muss sich nach der Beschaffenheit des Sandes richten; einige Formsande und Massen können ohne jeden Zusatz verarbeitet werden, bei anderen ist ein Zusatz bis zu 30 Volumprocenten zweckmässig.

Magere Sande vertragen, da sie leichter die Gase abziehen lassen, grössere Zusatzmengen als fettere, daher ist vielfach die irrige Meinung entstanden, dass der Steinkohlenzusatz eine Erhöhung der Bindekraft magerer Formsande bezwecke. Ist der Zusatz zu reichlich, so entstehen auch beim Gusse in grünem Sande Spalten und Risse in dem Materiale, welche rechtwinklig gegen die Wandfläche gerichtet sind; das flüssige Metall dringt hinein, erstarrt und lässt den zu reichlichen Kohlenzusatz durch die dadurch auf der Oberfläche des Abgusses entstandenen Grate erkennen.

Anders ist die Wirkung der Kohle, wenn sie nur als Ueberzug, nicht als Beimengung benutzt wird. Sie dient hierbei als isolirende, unschmelzbare Schicht zwischen Metall und Formmaterial, verhindert also ein Zusammenschmelzen beider, welches immerhin, wenn nicht direct, so doch zwischen der Kieselsäure des Formmaterials und der an der Aussenfläche des glühenden Metalls sich bildenden Oxydschicht leicht stattfinden kann. Es wird leicht begreiflich sein, dass nur möglichst reine Kohle (Holzkohle, Koks, Graphit) für diesen Zweck geeignet sein kann, Steinkohle nur nachtheilig wirken würde.

Der Ueberzug wird entweder in feinem Pulver trocken aus Staubbeuteln aufgepudert — beim grünen Gusse —, oder er wird bei zu trocknenden Gussformen — Masse- und Lehmguss — mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt, mit Pinseln aufgetragen, und heisst dann „Schwärze“.

Das geeignetste Material zum Aufstäuben ist Holzkohle, und zwar wirkt die Laubholzkohle am kräftigsten; weit weniger geeignet ist Kokes-

staub, durch Zusatz von Thonmehl haftend gemacht [1]); Graphit haftet einestheils schlecht, legt sich andern theils in die Poren des Formmaterials und macht dieses undurchlässiger.

Zur Bereitung der Schwärze dient Holzkohle, Graphit oder beide Substanzen vermischt. Der Graphit muss geschlämmt sein, und es zeigt sich gewöhnlich beim Ankaufe desselben die oft gemachte Erfahrung, dass das am theuersten bezahlte Material schliesslich die geringsten Ausgaben verursacht, indem man mit geringeren Mengen desselben den Zweck vollkommener erreicht, als mit grösseren Mengen eines geringwerthigern Materials.

Je höher und andauernder die Temperatur beim Giessen ist, also je grösser die Querschnitte des Gussstücks und je schwerschmelzbarer das Metall, desto reichlicher muss in der Mischung der schwer verbrennliche, aber dichte und theurere Graphit gegenüber der leicht verbrennlichen, aber porösen und billigen Holzkohle vertreten sein. Manche andere Zusätze kommen bei der Bereitung der Schwärze in Anwendung. Um sie consistenter, an der Gussform haftender zu machen, pflegt man das Wasser mit feinem Thonmehl anzurühren, wodurch das Ganze syrupartige Consistenz erhält. Besser noch als Thon wirkt ein Zusatz von Roggenmehl, in das Wasser eingerührt und mit demselben nach Zusatz der Kohle gekocht. Recht zweckmässig ist auch als Zusatz ein wässeriger Auszug von Pferdedünger. Derselbe ist reich mit Ammoniaksalzen gesättigt, welche beim starken Trocknen entweichen und die Schwärze in einem porösen Zustande zurücklassen. Statt dessen benutzt man auch wohl eine Lösung von Salmiak.

Die fertig gemischte Schwärze lässt man durch ein Sieb laufen, um entstandene Klumpen und dergleichen zurückzuhalten, und bewahrt sie zum Gebrauche auf.

### Apparate zur Aufbereitung der Formmaterialien.

Da die Formmaterialien nur in einzelnen Fällen in einem solchen Zustande in der Natur vorkommen, um ohne Weiteres verwendbar zu sein, so erfordern sie in allen übrigen Fällen eine Aufbereitung, die in einer Zerkleinerung, oder einer Mischung, oder in beiden Arbeiten zugleich besteht. In kleinen Giessereien wird diese Aufbereitung durch Handarbeit bewirkt; Zerkleinern durch Stossen im Mörser, Mischen durch Umschaufeln, die Lehmbereitung durch Schlagen des auf einer Eisenplatte ausgebreiteten groben Gemischs mit hölzernen breiten Stäben, Umschaufeln, abermaliges Schlagen u. s. f.

In mittleren und grösseren Giessereien wird die Handarbeit zur Aufbereitung zweckmässig durch Maschinenarbeit ersetzt.

---

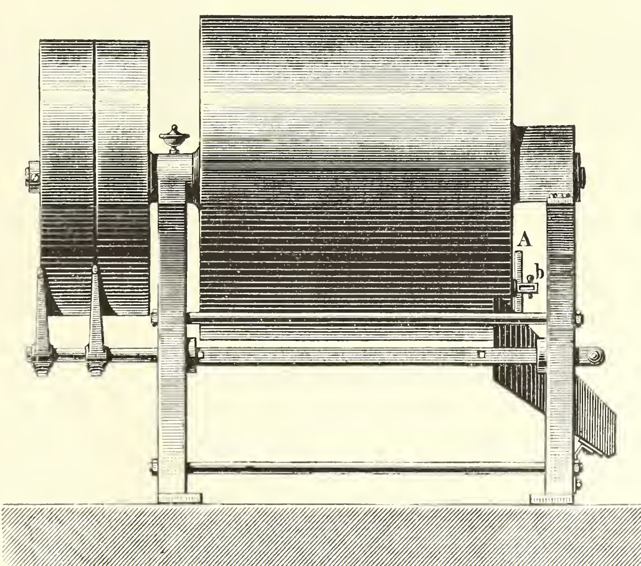
[1]) Holzkohle nimmt rasch aus den Wänden der Gussform etwas Feuchtigkeit auf und wird dadurch haftend ohne weitern Zusatz.

Zum ersten Zerkleinern grossstückiger Materialien, z. B. der Sandsteine, alter Chamottesteine u. s. f., ist ein Pochwerk, Walzwerk oder Steinbrecher von bekannter Construction recht zweckmässig. Solche grossstückigen Materialien kommen jedoch nur ausnahmsweise zur Verwendung, meistens finden sie sich schon in einem feiner zertheilten Zustande in der Natur.

Zur weitern Zerkleinerung des Sandes, der Steinkohlen u. s. w. dienen die sogenannten Trommelapparate und die Kollermühlen.

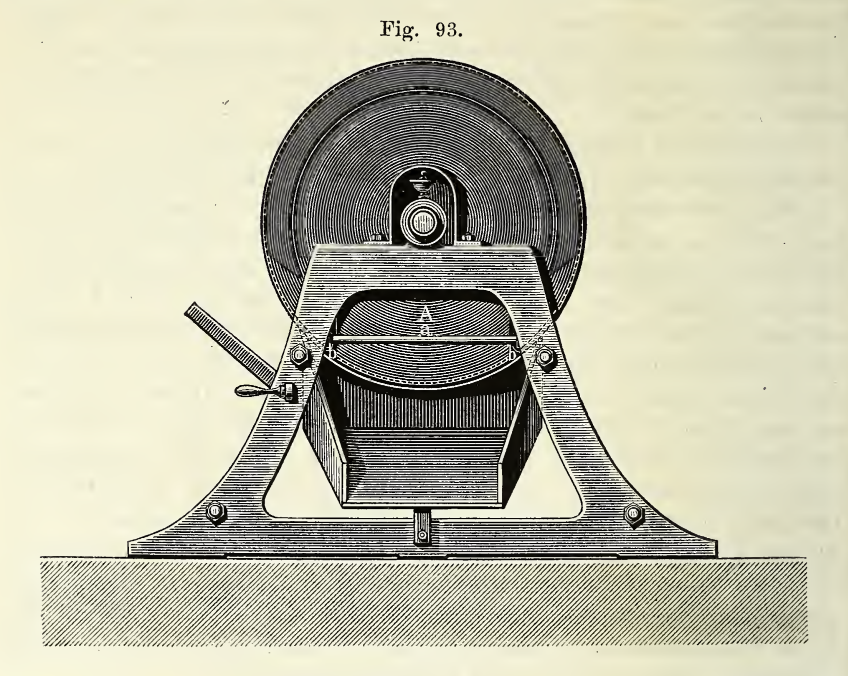
Ein Trommelapparat besteht aus einem um seine Achse rotirenden hohlen Körper aus Gusseisen — die Trommel —, in welcher der zu zerkleinernde Stoff durch einen frei laufenden Stein oder Gusseisenkörper zermahlen wird. Die Trommel hat meistens Cylinderform und dreht sich um eine horizontale Achse; die Stirnflächen sind durch aufgeschraubte Deckel verschlossen; zum Mahlen dient ein kleinerer massiver gusseiserner Cylinder (oder zwei dergleichen), welcher bei dem Drehen der Trommel innerhalb derselben rollt. Zum Ein- und Ausbringen der Materialien dient eine Oeffnung, welche durch einen mit Keilen angezogenen Deckel verschlossen ist. Der Durchmesser der Trommel pflegt 600 bis 1000 Mm. zu betragen, die Länge $^1/_1$ bis $1^1/_3$ des Durchmessers. Die Anzahl der Umdrehungen per Minute 40 bis 60. Die Figuren 92 und 93 stellen einen solchen Trommelapparat (Kohlenmühle) der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik in $^1/_{20}$ der wirklichen Grösse dar. Es ist hier *A* der Verschlussdeckel, *a* der Riegel zum Festhalten desselben, welcher seinerseits wieder in den Oehren *bb* festgehalten wird.

Fig. 92.



Eine derartige Trommel genügt zum Mahlen der Steinkohle und des feinern Sandes für eine tägliche Production von ca. 3000 bis 4000 Kilo

Fig. 93.




Gusswaaren und erfordert zum Betriebe einen Arbeitsaufwand von ca. $^3/_4$ Pferdekraft.

Ein weniger einfacher Trommelapparat ist neuerdings von Hanctin in St. Denis in die Praxis eingeführt worden und durch die Figuren 94 und 95 veranschaulicht [1]).

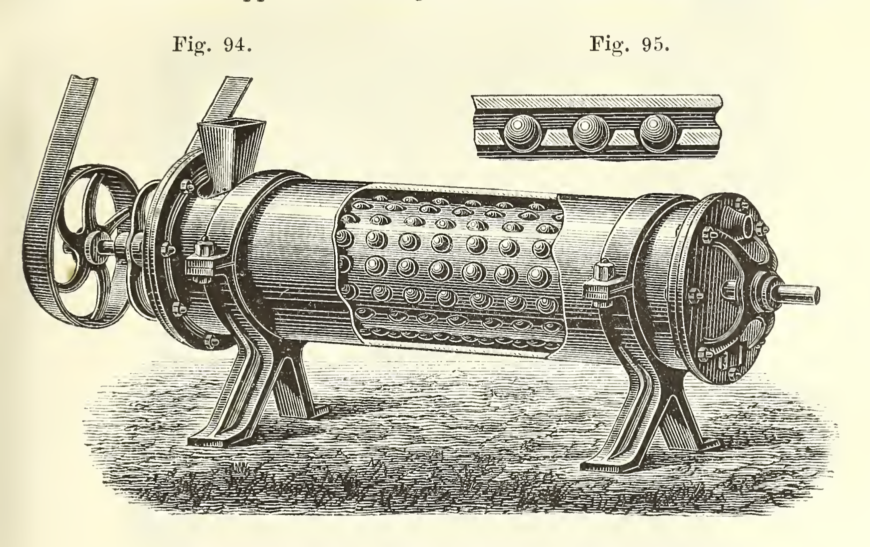
In der gusseisernen, an beiden Enden durch Deckel verschlossenen Trommel bewegt sich um eine Achse ein gusseiserner Cylinder. Der letztere ist auf seinem Umfange mit einer Anzahl von Löchern besetzt, in welchen massive Kugeln liegen. Die Wandung einer jeden Oeffnung entspricht, wie in Fig. 95 in grösserm Maassstabe dargestellt ist, einer Kugelzone mit einem Radius, welcher den der Kugeln selbst etwas übertrifft. Die Kugellager sind nach einer um den Umfang des innern Cylinders laufenden Schneckenlinie angeordnet. An den beiden Verschlussdeckeln der Trommel sind Kreuzkörper angegossen, durch deren Mittelstück die Achse des innern Cylinders in mit Schmiervorrichtung versehenen Lagern läuft, während die in den Deckeln für den Durchgang der Achse vorhandene Bohrung mit Gummiringen staubdicht abgeschlossen ist. Bei kleineren Apparaten fallen die Kreuzkörper weg, und es ist die Achse direct in den Deckeln mit Stopfbüchse gelagert. Der auf der

[1]) Deutsche Industriezeitung 1876, S. 323.

linken Seite der Fig. 94 ersichtliche Trichter dient zum Aufgeben des Materials, die Thür im Boden an der rechten Seite zum Entleeren, und es besitzt die Trommel eine schwache Neigung nach dieser Seite.

Der Abstand des innern von dem äussern Cylinder ist so bemessen, dass die Kugeln den innern Cylinder nie ganz verlassen können, daher die rotirende Bewegung mitmachen müssen. Hierbei rollen sie in dem untern Theile ihres Weges auf der Innenfläche der äussern Trommel, werden vom innern Cylinder allmälig gehoben, fallen endlich in das zu ihrer Aufnahme vorhandene Loch und verlassen dasselbe auf der andern Seite wieder, um sich neuerdings rollend auf der Innenseite der Trommel weiter zu bewegen. Zwischen Cylinder und Trommel befindet sich der zu zerkleinernde Körper und wird durch die rollenden Kugeln im untern Theile des Apparats allmälig zermahlen; und da die Kugeln nach

Fig. 94. Fig. 95.



einer Schraubenlinie im Apparate angeordnet sind, so findet gleichzeitig, unterstützt durch die geneigte Lage der Trommel, eine allmälige Vorwärtsbewegung des Mehls gegen die rechts liegende Stirnseite hin statt.

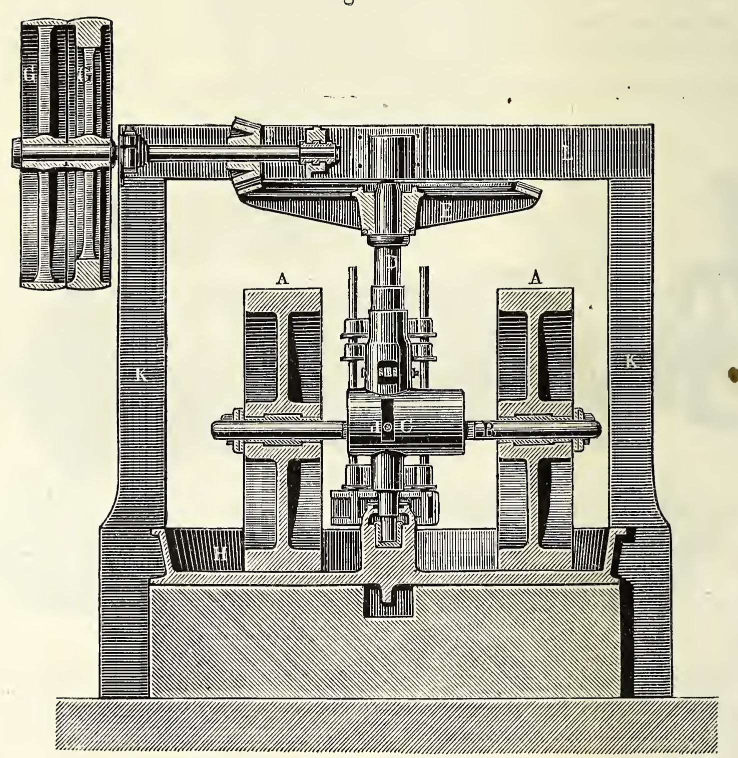
Bei grösseren Apparaten dieser Art ist die Länge des innern Cylinders 2 M. bei einem Durchmesser von 700 Mm., die Anzahl der Kugeln 300 bei je 80 Mm. Durchmesser und 2 Kilo Gewicht, die Entfernung der Schneckengänge unter einander sowie der Kugeln von Mitte zu Mitte gemessen 100 Mm., die Anzahl der Umdrehungen 60 bis 65 per Minute. Die erforderliche Betriebskraft für einen Apparat in dieser Grösse ist 4 bis 5 Pferdestärken, die Production pro Stunde 150 Kilo Holzkohlenstaub. Für kleine Giessereien genügt ein Apparat von 650 Mm. Länge, 400 Mm. Durchmesser mit 70 Kugeln von 40 Mm. Durchmesser, welcher stündlich 45 Kilo Kohlenstaub liefert.

Zum Mahlen von Formsand statt der Kohle ist der Apparat aufrecht

gestellt, die Zuführung erfolgt am ganzen Umfange des Cylinders und die stündliche Production ist bei 4 Pferdekräften 2,5 Cubikmeter Formsand.

Eine Kollermühle oder ein Kollergang für Giessereien ist in den Figuren 96, 97 und 98 in $^1/_{36}$ der wirklichen Grösse dargestellt. Es sind hier *A A* zwei gusseiserne Walzen (Läufer), welche auf der horizontalen Achse *B* in ungleichen Abständen von der Mittellinie des Apparats befestigt sind. Die Achse *B* steckt in der Hülse *C* derartig, dass sie sich innerhalb des Schlitzes *c* heben kann, sobald die Walzen über harte Körper hinweggehen, während sie vor seitlicher Verschiebung durch

Fig. 96.

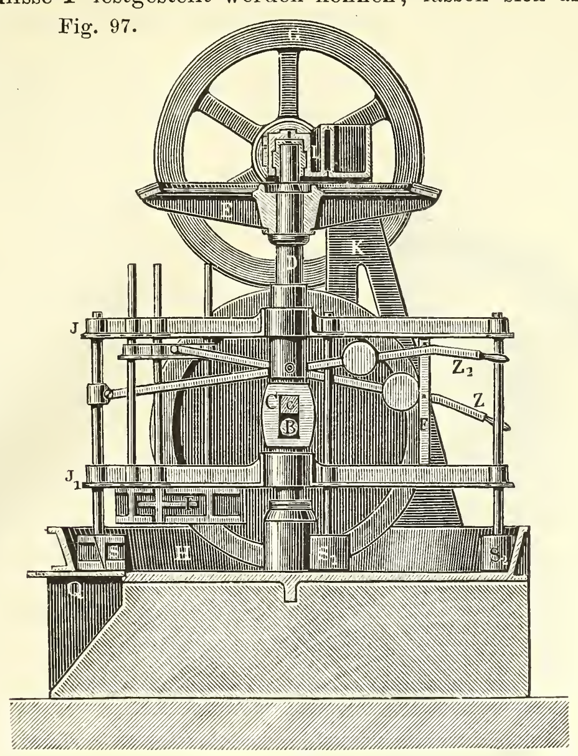



den hindurch gesteckten Bolzen *d* gesichert ist. Die Hülse *C* bildet einen Theil der verticalen Spindel *D*, welche durch die Getriebe *EF* sowie die Riemenscheibe *G* ihren Antrieb erhält.

Als Unterlage dient die starke gusseiserne Platte *H* mit aufrecht stehendem Borde. An derselben sind die zwei gusseisernen Ständer *KK* angeschraubt, welche den Balken *L* tragen, der zur Unterstützung der Lager für die Spindel und Getriebewelle dient. An der senkrechten Spindel sind die Arme *J* und $J_1$ befestigt, als Führung für die Schaufeln $S$ $S_1$ $S_2$ und *T* dienend, welche theils den Zweck haben, das von den Walzen zur Seite gedrückte Material wieder denselben zuzuführen, theils

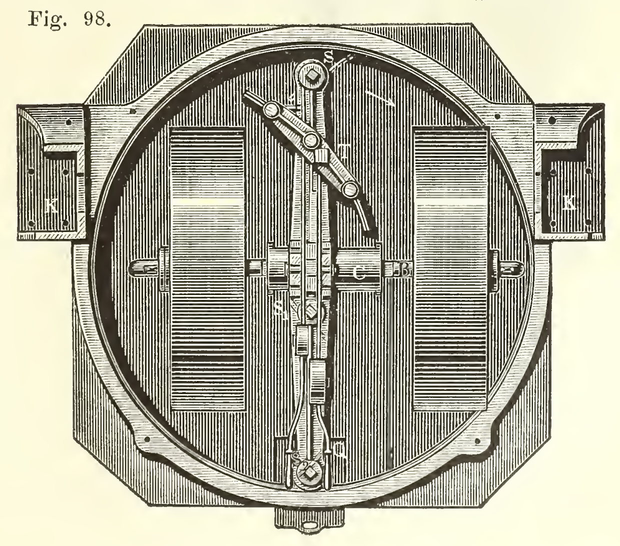
auch, eine innige Mischung zu bewirken. Durch Hebel $Z$ und $Z_1$, welche an der Coulisse $F$ festgestellt werden können, lassen sich die Schaufeln

Fig. 97.




senken und heben, je nachdem sie in Thätigkeit kommen oder ausgerückt werden sollen. Endlich befindet sich in der Grundplatte der Schieber $Q$,

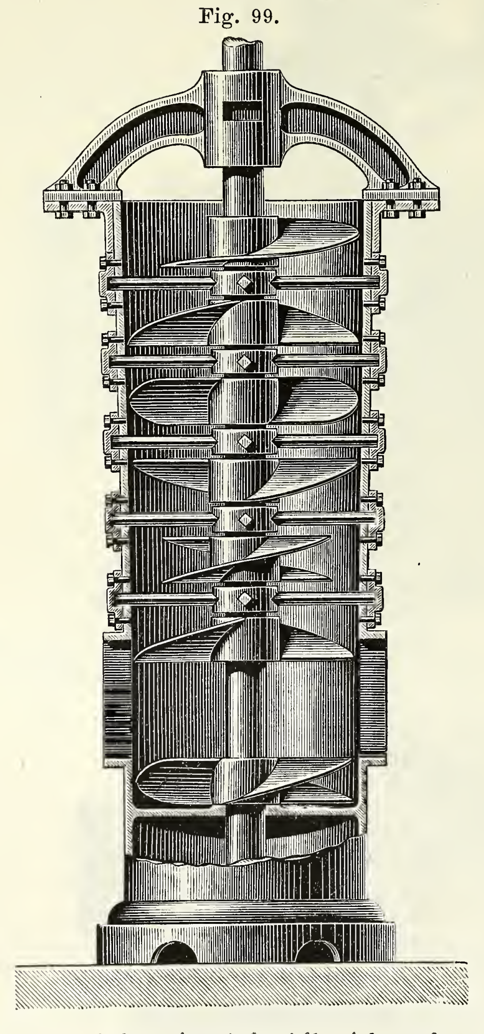
Fig. 98.



durch dessen Aufziehen die Entleerung des Apparats bewirkt wird. Es wird dann *S* aus-, *T* eingeschaltet, wodurch das gesammte Material nach dem Rande der Platte hingeschoben und schliesslich durch die Schieberöffnung entfernt wird.

Die Anzahl der Umdrehungen der Kollergänge beträgt 10 bis 20 per Minute, das Gewicht ihrer Läufer 500 bis 1000 Kilo per Stück. Da ein Kollergang in der obengezeichneten Form ebensowohl geeignet ist, Sand und Kohle zu mahlen als Lehm zu mahlen und mit seinen Zusätzen zu vermischen, so bildet derselbe einen sehr geeigneten Apparat für grössere Giessereien. Es kommt hinzu, dass die Leistung desselben eine recht beträchtliche und ein einziger Kollergang im Stande ist, Kohlenstaub und Sand für eine tägliche Production von durchschnittlich 15000 Kilo Gusswaaren zu liefern, wenn nicht eben der relative Bedarf an jenen Materialien ein ausnahmsweise hoher ist. Ein Nachtheil des Kollerganges liegt in dem hohen Arbeitsverbrauche, der in Folge des Gewichts der Läufer schon im Leergange ein beträchtlicher ist und während der Arbeit nicht unter 4 bis 5 Pferdekräfte betragen dürfte, wenn harte, grobkörnige Materialien verarbeitet werden, beim Mischen von Lehm aber jedenfalls sich noch etwas höher beziffern wird.

Fig. 99.



Wenn es sich nur darum handelt, Lehm zu mischen, nicht zu mahlen, finden sogenannte Thonschneider vielfache Anwendung.

Fig. 99 stellt die innere Einrichtung eines solchen Thonschneiders dar. Der Betrieb erfolgt durch ein am obern oder untern Ende der verticalen Spindel aufgestecktes Getriebe von einer Transmission aus.

Auf der Spindel sind die schraubenartig gekrümmten Messer befestigt, welche den von oben eingeschütteten Lehm durcharbeiten und nach unten drücken, so dass er in ununterbrochener Folge aus den am untern Ende des gusseisernen Gehäuses befindlichen Auslassöffnungen herausgequetscht wird. Ist nach einmaligem Durchgange die Mischung noch nicht innig genug, wird der Lehm zum zweiten Male eingeschaufelt.

Eine derartige Maschine[1]), oben 520 Mm., unten 260 Mm. weit, 1640 Mm. hoch, liefert in zehnstündiger Arbeitszeit ca. 10 Cubikmeter Lehm bei einem Arbeitsaufwande von 3 bis 4 Pferdekräften und 60 Umgängen per Minute.

**Stroh.** Das Stroh bildet zwar kein eigentliches Formmaterial, wohl aber findet es in Form von Strohseilen vielfache Anwendung bei Anfertigung von Kernen in der später zu erörternden Art und Weise. Aus dieser Art der Verwendung folgt, dass nur langhalmiges, biegsames Stroh zu gebrauchen ist.

In den meisten Giessereien geschieht das Spinnen des Strohs zu Seilen noch durch die Hand mit Hülfe des sogenannten Schlüssels, an welchem das eine Ende des Seils befestigt ist und welchen ein Arbeiter dreht, während ein anderer das Stroh am entgegengesetzten Ende einflicht.

Wo man jedoch viele solche Strohseile gebraucht, empfiehlt sich sehr die Anwendung einer Spinnmaschine, wie sie von der Königin-Marien-Hütte bei Zwickau gebaut wird. Die Einrichtung derselben ist in den Figuren 100 und 101 (a. f. S.) in $^1/_{30}$ der wirklichen Grösse dargestellt.

Von einer Transmission aus wird zunächst die Riemenscheibe *a* in Umdrehung versetzt und überträgt durch die Welle *d* ihre Bewegung auf die Riemenscheiben *b* und *c*, welche wieder vermittelst der Riemen *g* und *h* die Riemenscheiben *e* und *f* bewegen. Neben jeder dieser Riemenscheiben ist eine Losscheibe befindlich, um durch Verschiebung der Riemen in jedem Augenblicke den Gang der Maschine unterbrechen zu können; zur Ausrückung dient die Stange *i*, mit entsprechenden Riemengabeln versehen. Die Riemenscheibe *f* sitzt fest auf der Spindel *k*, deren entgegengesetztes Ende bedeutend verstärkt und cylindrisch ausgebohrt, zugleich mit einem der Achse parallelen Schlitze versehen ist. Auf dem hohlen Theile der Spindel *k* ist die rinnenförmig ausgehöhlte Gabel *L* vermittelst der Hülse *m* derartig befestigt, dass sie die Drehungen der Spindel mitmachen muss, sich aber in der Achsenrichtung der Spindel verschieben lässt; die Höhlung der Gabel findet ihre Fortsetzung in dem erwähnten Schlitze der Spindel, so dass das Strohseil, wie in der Fig. 100 gezeichnet, sich durch Spindel und Gabel hindurchführen lässt und bei jeder Drehung der Spindel eine einmalige Zusammendrehung erfährt.

Die Riemenscheibe *e* sitzt auf einer zweiten hohlen Welle *v*, welche auf *k* aufgeschoben ist und sich lose auf derselben dreht. Auf dieser

---

[1]) In ähnlicher Ausführung vielfach von C. Schlickeisen in Berlin gefertigt.

Welle $v$ ist die Spule $N$ befestigt. Da nun die Riemenscheiben $e$ und $f$ gleich gross, $c$ aber etwas grösser im Durchmesser ist als $b$, so dreht

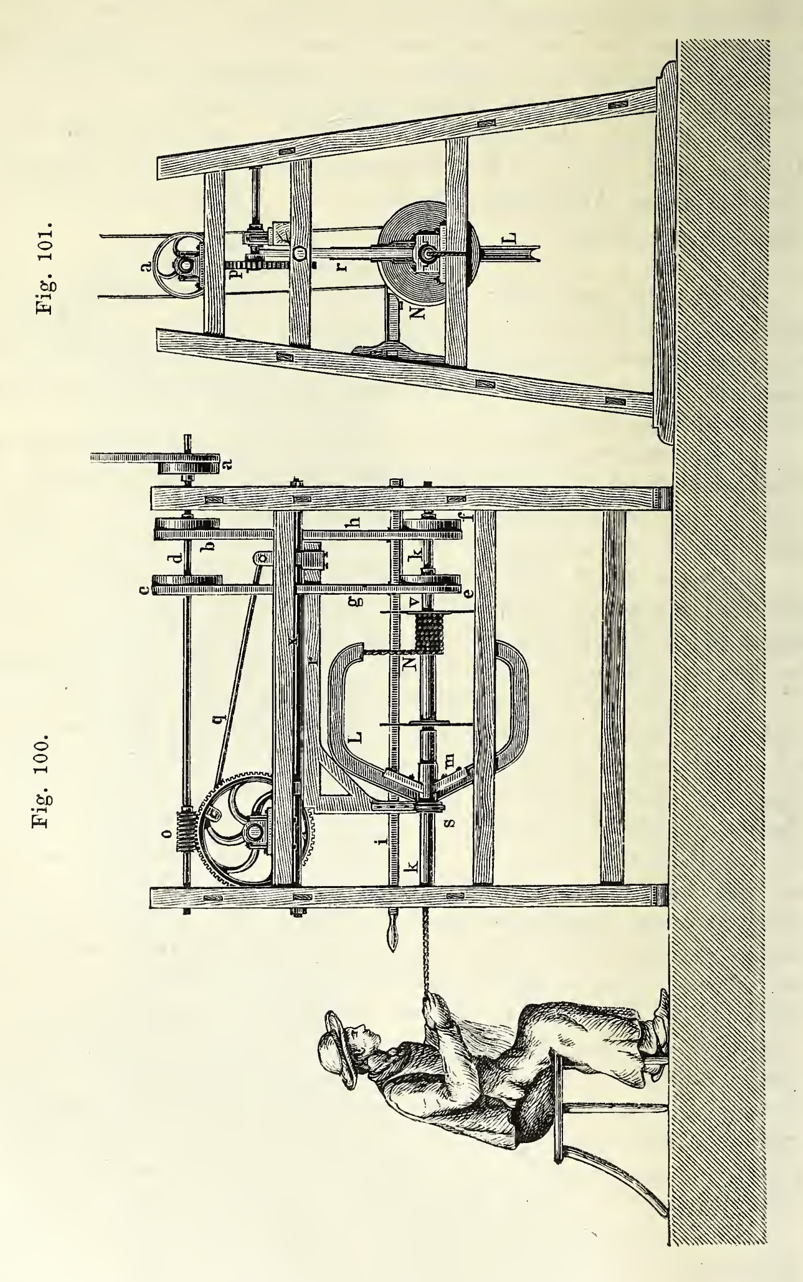


Fig. 100.

Fig. 101.

sich in dem gleichen Verhältnisse die Spule rascher als die Spindel mit der Gabel. Die Folge davon ist, dass, sobald das Ende des Seils auf der

Spule befestigt und nun die Maschine in Umdrehung versetzt wird, das Strohseil gleichzeitig zusammengedreht und auf die Spule mit einer Geschwindigkeit aufgewickelt wird, welche der Differenz der Geschwindigkeiten von Spule und Spindel gleich ist. Damit nun aber dieses Aufwickeln gleichmässig auf der ganzen Länge der Spule vor sich gehe, befindet sich auf der Verlängerung der Arbeitswelle *d* die Schnecke *o*, welche das Schneckenrad *p* dreht und von diesem aus vermittelst Schubstange *q* dem an der horizontalen Führungsstange *x* aufgehängten Arme *r* eine langsame hin- und hergehende Bewegung ertheilt. *r* aber steht durch den Bügel *s* mit der Gabel *L* in Verbindung und überträgt also ohne Weiteres dieselbe Bewegung auf *L*.

Eine solche Maschine liefert bei 130 Umdrehungen der Antriebswelle *d* per Minute 9 bis 10 Meter Strohseil von 15 Mm. Stärke.

## B. Die formgebenden Geräthe.

Um eine Gussform aus bildsamem Materiale herzustellen, bedarf es eines Apparates, durch dessen Hülfe die inneren Begrenzungen derselben, also des formgebenden hohlen Raumes, genau festgelegt werden. Dieser Apparat hat gewöhnlich schon im Grossen und Ganzen die Umrisse und Grösse des herzustellenden Abgusses, so dass die Gussform gewissermaassen als ein Abdruck desselben im Formmateriale erscheint, und heisst dann Modell. In Fällen, wo die Umrisse des Abgusses einen Rotationskörper vorstellen, z. B. bei Cylindern, Glocken u. dgl., oder in solchen Fällen, wo sich der Körper durch Fortbewegung eines und desselben Querschnitts nach einer geraden oder gekrümmten Leitlinie entstanden denken lässt, kann das Modell durch eine Schablone aus Holz oder Eisen ersetzt werden, welche das genaue Profil des herzustellenden Abgusses enthält und durch deren Drehung um die Rotationsachse beziehentlich Fortbewegung nach der Leitlinie die Umrisse der Gussform gewissermaassen aus dem weichen Formmateriale herausgeschnitten werden.

Zur Herstellung der Gussformen in Sand und Masse kommen fast nur Modelle, zur Herstellung von Lehmgussformen grossentheils Schablonen in Anwendung.

Es ist leicht einzusehen, dass, wenn man einen Kern fertigen will, das formgebende Geräth ähnlich wie eine Gussform eingerichtet sein muss, also hohl, im Innern entsprechend der Form des Kerns profilirt und gewöhnlich aus mehreren Theilen bestehend, um das Herausnehmen des Kerns zu ermöglichen. Ein derartiger Apparat heisst Kernkasten oder Kerndrücker; ausserdem bedient man sich besonders für Lehmkerne wie bei Anfertigung von Gussformen der Schablonen, um durch Drehen oder Ziehen die Kerne herzustellen.

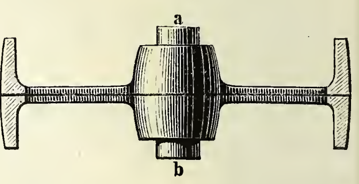
Da bei Anfertigung der Modelle, Schablonen und Kernkasten selbstverständlich die Schwindung zu den Abmessungen des herzustellenden

Abgusses zugegeben werden muss, bedient man sich bei dieser Anfertigung solcher Maassstäbe, deren Länge und Theilung schon um das Maass dieser Schwindung grösser ist, als bei Normalmaassstäben. Wenn z. B. die Schwindung des Metalls gleich $^1/_{96}$ ist, wie für Gusseisen, so ist 1 Meter des Schwindmaassstabes gleich $^{97}/_{96} = 1{,}0104$ M. Normalmaassstab.

Um das genaue Einlegen der Kerne in die Gussform zu ermöglichen, und zugleich um ihre Stellung dem Drucke des Metalls gegenüber zu sichern, macht man die Kerne an einem oder zwei Enden etwas länger und lässt sie mit dieser Verlängerung wie mit Zapfen in entsprechende Vertiefungen der Gussform eintreten. So z. B. ruht der Nabenkern *A* der in Fig. 102 skizzirten Gussform einer Riemenscheibe bei *a* und *b* in

Fig. 102.

Fig. 103.




Vertiefungen der Gussform. Das Modell oder die Schablone aber muss, um diese Vertiefungen hervorzubringen, mit entsprechenden Ansätzen versehen sein, welche Kernmarken heissen und in Fig. 103, das Modell zur Gussform in Fig. 102 darstellend, gleichfalls mit *a* und *b* bezeichnet sind.

**Die Modelle.** Das zur Anfertigung der Modelle am häufigsten benutzte Material ist das Holz, vorzugsweise Kiefern- und Tannenholz, daneben Erlenholz, wenn die Modelle sehr sauber und glatt werden sollen; Aepfel-, Birnbaum-, Eschenholz für ornamentale Gegenstände u. s. w.

Die Anfertigung der Holzmodelle geschieht in der Modelltischlerei, welche demnach einen unentbehrlichen Bestandtheil jeder grössern Giesserei bildet.

Durch sorgfältiges Austrocknen des zu benutzenden Holzes vor der Verarbeitung, durch zweckmässige Anordnung der Faserrichtungen in den Holzarbeiten, durch Zusammenleimen der Stücke aus kleinen Theilen, endlich durch Anbringung sogenannter Hirn- oder Gratleisten bei grossen Flächen, deren Fasern rechtwinklig gegen die Faserrichtung der Fläche laufen, sucht der Modelltischler das Modell vor dem Krummziehen (Werfen) zu schützen. Schliesslich wird das Holzmodell durch einen Lacküberzug (gewöhnlich Schellack) vor dem Eindringen von Feuchtigkeit nach Möglichkeit geschützt[1]).

---

[1]) Ueber Anfertigung hölzerner Modelle siehe Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, Bd. II, S. 409.

Werden die Modelle vielfacher Benutzung unterworfen, so ersetzt man die Holzmodelle durch metallene, aus Gusseisen, Zink, Zinn, Bronze, Messing gegossen, oder aus Eisenblech, Kupferblech, Zinkblech gefertigt. Gusseiserne Modelle sind die dauerhaftesten und billigsten unter den Metallmodellen, gestatten aber bei ornamentalen Gegenständen nur unbedeutende Nachhülfe, wenn der Guss nicht scharf genug ausgefallen sein sollte; für solche Fälle zieht man deshalb die ciselirfähigere Bronze oder Messing vor; Zink- und Zinnmodelle sind leichter als letztere herzustellen, aber weniger dauerhaft.

Seltener, und nur für ornamentale Modelle, welche nicht mehr als ein- oder zweimal benutzt werden sollen, wählt man Modellirwachs, Thon oder Gyps als Material.

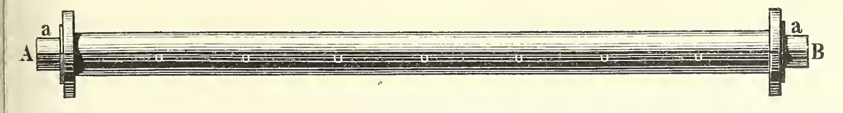
Um das Herausnehmen des Modells aus der Gussform zu ermöglichen, genügt nicht immer das schon erwähnte Zerlegen der Gussform in mehrere Theile, sondern es muss in den meisten Fällen auch das Modell in mehrere genau zusammen passende Theile zerlegt sein. Das richtige „Theilen“ des Modells erfordert viel Umsicht und genaue Kenntniss des Formereiverfahrens.

Als Regel gilt, dass das Modell aus der Gussform, nicht aber die Gussform von dem liegen bleibenden Modelle abgehoben wird, weil in letzterm Falle viel leichter eine Beschädigung der Gussform eintritt.

Damit die einzelnen Theile des Modells stets in genau richtiger Lage auf und neben einander zu liegen kommen, versieht man die Theilungsfläche des einen Modelltheils mit kleinen Dübeln, die des andern mit entsprechenden Dübellöchern, in welche jene Dübel hineinpassen.

Beispiele. Das Modell Fig. 104 zu einem Scheibenrohre ist vermittelst eines durch seine Achse gehenden Schnittes $AB$ in zwei gleiche

Fig. 104.




Hälften getheilt. Dieselbe Schnittebene theilt auch die Gussform, so dass beim Auseinandernehmen der letztern in jeder Hälfte der Gussform eine Hälfte des Modells liegen bleibt und mit Leichtigkeit herausgenommen werden kann. *a a* sind Kernmarken.

Das Modell Fig. 105 (a. f. S.) zu einem Scheibenrohre mit zwei rechtwinklig gegen einander gerichteten Stutzen ist durch zwei Schnitte $AB$ und $CD$ in drei Theile getheilt. Eine gleiche Theilung erleidet die Gussform. Zuerst wird der Theil $E$ der Gussform mit dem Theile $e$ des Modells abgenommen und letzteres herausgezogen, dann nimmt man $F$ und $G$ mit $f$ und $g$ auseinander und kann nun die Modelltheile ohne Weiteres aus der Form ausheben.

Bei dem U-förmigen Träger Fig. 106 (a. f. S.) ist das Modell nach

den Linien $ab$ und $cd$ in einen Hauptheil $y$ und zwei Leisten $xx$ getheilt. Zuerst wird der Hauptheil $y$ des Modells herausgenommen, dann die

Fig. 105.

Fig. 106.

beiden Leisten in die entstandene Oeffnung hinein und nach oben hinausgezogen.

Es verdient Erwähnung, dass jedes Modelltheil, welches aus dem Formmateriale herausgezogen werden muss, in Rücksicht auf die starke Reibung zwischen Modell und Formmateriale eine schwache Convergenz besitzen muss, um das Herausziehen zu erleichtern und die Gussform nicht zu beschädigen. Statt eines Cylinders, der nach der Richtung seiner Achse herausgezogen werden muss, erhält man streng genommen einen abgestumpften Kegel, statt des Prismas eine abgestumpfte Pyramide. Die Convergenz ist so unbedeutend, dass sie dem Auge kaum sichtbar wird; kommt es auf durchaus genaue cylindrische etc. Formen an, so müssen diese eben durch spätere Bearbeitung hergestellt werden.

Wenn die Form eines Modells genau gleich derjenigen des Abgusses (also nicht durch Kernmarken verändert) und das Modell nicht etwa im Innern hohl ist, so lässt sich im Voraus aus dem Gewichte des Modells und dem Verhältnisse der specifischen Gewichte des Modell- und Gussmaterials das annähernde Gewicht des Abgusses und somit des zu schmelzenden Metalls berechnen. Man hat in diesen Fällen erfahrungsmässig das Gewicht des Modells mit folgenden Ziffern zu multipliciren:

| Wenn das Modell besteht aus: | Wenn der Abguss besteht aus: Gusseisen oder Zinn | Bronze oder Messing | Zink | Blei |
|---|---|---|---|---|
| Kiefern- oder Tannenholz . | 13 | 16 | 12 | 20 |
| Fichtenholz (Rothtanne) . . | 15 | 18,5 | 14,5 | 24,5 |

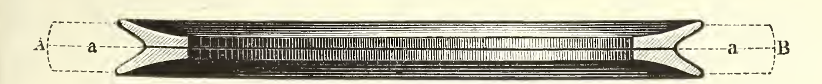
## Kernkasten und Kernstücke.

Für die Anfertigung der Kernkasten gelten dieselben Regeln wie für Modelle. Gewöhnlich genügt eine Theilung des Kernkastens in zwei Hälften, um den Kern herausnehmen zu können. Die Hälften sind wie beim Modelle durch Dübel verbunden.

Für figürliche Gegenstände, welche hohl gegossen werden sollen, verschafft man sich häufig einen Kernkasten in der Weise, dass man die Wände der Gussform mit gewalzten Platten feuchten Thons von solcher Stärke auskleidet, als die Metallstärke des Abgusses werden soll, trocknet, den Kern in dieser verkleinerten Gussform fertigt und dann die Thonplatten herausnimmt, um die Gussform zum Gusse zu benutzen.

In manchen Fällen kann übrigens durch geschickte Theilung des Modells und der Gussform die Anwendung eines Kernkastens vermieden werden. Wenn z. B. eine Seilscheibe, Fig. 107, geformt werden soll, so

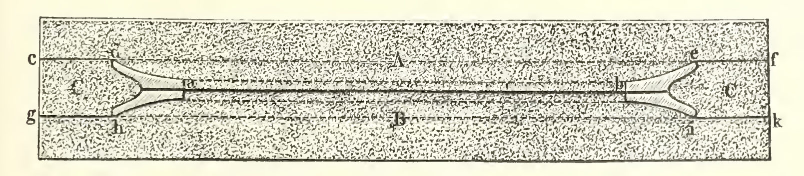
Fig. 107.




gestattet begreiflicherweise der Querschnitt des Kranzes wegen der einspringenden Winkel nicht das Herausnehmen des Modells aus dem Formmateriale, wenn man dasselbe genau wie den Abguss einrichten wollte. Es **kann** nun allerdings diese Aufgabe gelöst werden, indem man das Modell mit einer ringsherum laufenden Kernmarke *a a* (durch die punktirten Linien angedeutet) versieht, nach der Linie *A B* schneidet, nach derselben Linie die Gussform theilt, dieselbe auseinander und das Modell herausnimmt (was nunmehr ohne Schwierigkeit möglich ist), und die in einem Kernkasten geformten segmentförmigen Kerne, welche das äussere Profil begrenzen, einlegt.

Ohne Anwendung eigentlicher Kerne gelangt man aber folgendermaassen zum Zwecke. Das Modell, welches die genaue Form des Abgusses erhält, wird nach *ab*, Fig. 108, geschnitten, die Gussform aber

Fig. 108.

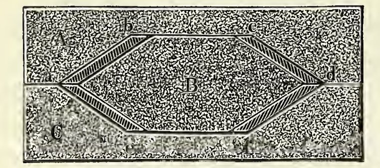



nach den Linien *cdabef* und *ghabik* getheilt, so dass sie aus den Theilen *A*, *B* und dem ringförmigen Theile *C C* besteht. Zuerst wird *A* ab-

genommen, die Modellhälfte *dabe* herausgenommen und *A* ohne diese Hälfte wieder aufgelegt. Dann dreht man die ganze Gussform um, so dass der zu oberst liegende Theil unten zu liegen kommt, nimmt *B* ab, holt die zweite Modellhälfte *haib* heraus und setzt *B* wieder auf.

Aehnlich verfährt man bei der Anfertigung der Gussform für sogenannte Ringelwalzen, Fig. 109. Die Theilung der Gussform und des Modells ist aus der Zeichnung ersichtlich. Der Theil *A* wird abgehoben, die Modellhälfte *abcd* herausgenommen, *A* wieder aufgesetzt, die Form gewendet und mit *B* und der Hälfte *aefd* dasselbe Verfahren wiederholt.

Fig. 109.




Man nennt solche Theile der Gussform (also in diesem Falle den Theil *CC* in Fig. 108, den Theil *B* in Fig. 109), welche die Stelle eines Kerns vertreten, Kernstücke. In sehr ausgebildeter Weise kommt die Anwendung solcher Kernstücke beim Gusse unregelmässig gebildeter Körper, z. B. beim Ornamentguss und noch mehr beim Statuen- und Kunstguss, vor. Denkt man sich z. B. eine menschliche Figur, vielleicht mit faltenreichem Gewande bekleidet, und das Modell hierzu vom Formmateriale eingeschlossen, so ist es begreiflich, dass eine Theilung der Gussform in zwei, drei Theile nicht ausreichen würde, das Modell heraus zu bekommen. Man umgiebt deshalb das ganze Modell mit einer entsprechenden Anzahl einzeln geformter Stücke, die sich einzeln loslösen lassen, nimmt das Modell heraus, wenn diese sämmtlichen Kernstücke entfernt sind, und setzt dann die letzteren in der gehörigen Reihenfolge wieder zusammen.

Je mehr Kernstücke aber eine Form besitzt, desto mühseliger wird ihre Anfertigung, desto leichter misslingt der Guss, desto höher werden die Kosten desselben. Daher sucht man für die Gegenstände gewöhnlicher Verwendung im Maschinenbaufache, der Architektur, Haus- und Landwirthschaft etc. Formen zu wählen, die sich „gussgerecht“ durch ein einfaches Verfahren formen lassen; und es sollte jeder Constructeur solcher Gegenstände wenigstens soweit mit der Technik der Formerei vertraut sein, dass er sich die Frage zu beantworten vermag, in welcher Weise dieses oder jenes von ihm entworfene Gussstück zu formen ist.

**Schablonen.** Während das Modell und die Kernkasten Form und Grösse der Gussform oder des Kerns nach jeder Richtung hin besitzen, zeigt die Schablone nur den Umriss, das Profil der herzustellenden Gussform oder des Kerns. Bei Schablonen zu Gussformen, welche einen Rotationskörper darstellen, also für Cylinder, Kessel u. dergl., genügt es, der Schablone das halbe Profil zu geben, da sie um die Achse der Gussform gedreht wird und auf diese Weise das volle Profil erzeugt. So vergegenwärtigt uns Fig. 110 die Schablone zum Ausdrehen der Guss-

form eines Cylinders mit Flantschen und verlornem Kopfe. Häufiger noch als die Schablone zum Ausdrehen der Gussform kommen die Schablonen zum Drehen von Kernen in Anwendung. Dabei steht entweder der Kern fest und die Schablone wird gedreht, oder der Kern liegt horizontal (seltener vertical) mit Zapfen in Lagern und wird dabei gedreht, während die Schablone ruht. Letzter Fall ist der häufigere. Als Beispiel kann die in Fig. 111 gezeichnete Schablone für den Kern einer

Fig. 110. Fig. 112.

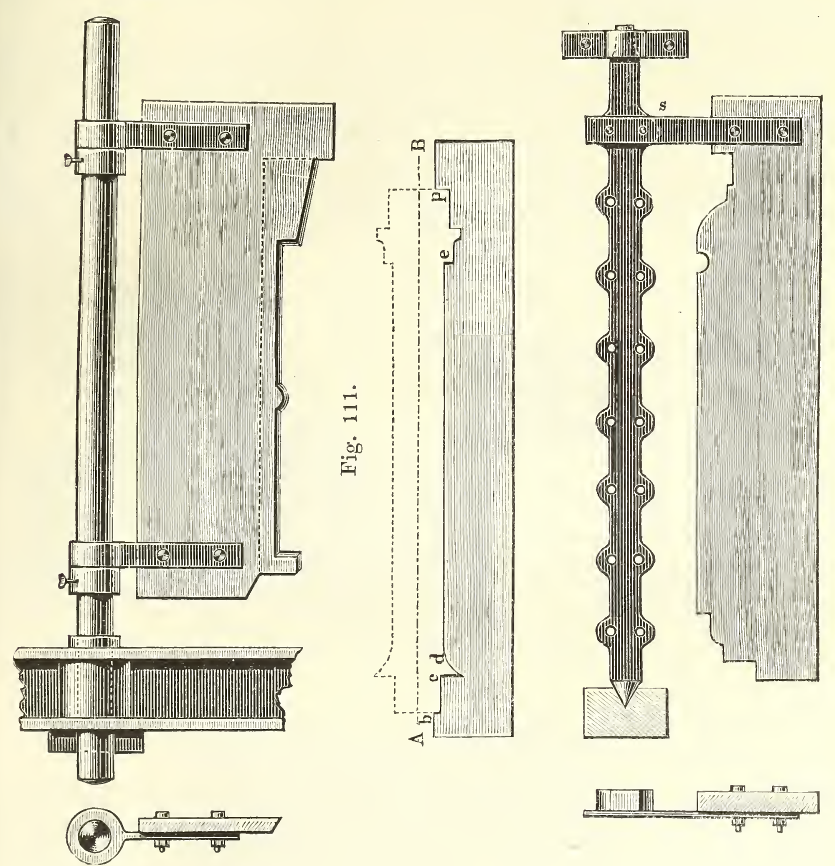


Fig. 111.

Säule dienen. Der Kern wird um die Achse *AB* gedreht und erhält dadurch sein Profil entsprechend der Kante *bcdep* der Schablone.

Die Schablonen sind gewöhnlich aus einem trocknen Brette geschnitten oder auch für öftern Gebrauch aus Gusseisen hergestellt. Die profilirte Kante ist etwas zugeschärft, um mit grösserer Leichtigkeit scharfe Umrisse hervorzubringen.

Wird die Schablone gedreht, und die Gussform oder der Kern steht fest, so muss sie an einer verticalen Spindel befestigt werden. Dieselbe

besteht aus Schmiedeeisen oder Gusseisen und geht entweder oben und unten mit Zapfen in Lagern, so dass sie selbst sich mit der Schablone dreht (Fig. 112, a. v. S.); oder sie ist rund, steht fest und dient als Achse für die mit Ringen an ihr befestigte und um sie drehbare Schablone wie in Fig. 110. Im letztern Falle werden die Spindel und die Innenflächen der Ringe gedreht, wenn es auf genaues Innehalten vorgeschriebener Maassen ankommt; man wendet daher dieses Verfahren gewöhnlich nur bei freistehenden Spindeln an, bei welchen eine Befestigung an dem obern Ende nicht möglich ist.

Die Schablonen zum Ziehen statt zum Drehen werden auf einer eisernen Platte geführt, welche Ziehplatte genannt wird und als Unterlage für den herzustellenden Gegenstand dient, deshalb dem Grundrisse desselben entsprechend geformt ist. Dadurch wird es nothwendig, die zu ziehenden Gegenstände aus zwei Hälften zusammenzusetzen, wenn sie nicht eine ebene Begrenzungsfläche besitzen, welche der Ebene der Leit-

Fig. 113.

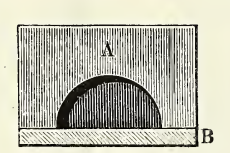
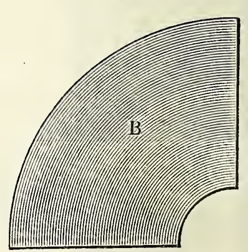



Fig. 114.




linie parallel ist, z. B. den Kern zu einem Krümmer aus zwei Theilen von halbkreisförmigem Querschnitte, welche mit Hülfe der Schablone *A*, Fig. 113, und der Ziehplatte *B*, Fig. 113 und 114, gezogen werden.

## C. Die Rüstungen der Gussformen und Kerne.

Nur in den wenigsten Fällen besitzt das Material der Gussformen oder Kerne eine solche Festigkeit, um ohne Weiteres ein Heben, Wenden, Fortschaffen der Gussformen oder Kerne ohne Gefahr der Beschädigung zu gestatten und den mechanischen Einflüssen Widerstand zu leisten, welche beim Eingiessen des Metalls auf Gussform und Kern wirken.

Zur Verleihung dieser grössern Festigkeit und Widerstandsfähigkeit bedarf es der Rüstungen.

**Formkasten.** Für Gussformen besteht die gebräuchlichste Rüstung in den Formkasten und es kennzeichnet die Anwendung derselben eine ganz bestimmte Gattung der Formerei, Kastenformerei genannt.

Unter Formkasten versteht man eine kastenförmige, aus Gusseisen,

Schmiedeeisen oder Holz hergestellte zusammenhängende Umhüllung der Gussform, welche dieselbe ringsherum, die oberen und unteren Flächen ausgenommen, einschliesst, es gestattet, sie zu transportiren und einen Schutz bildet gegen äussere Einflüsse sowohl als gegen die beim Gusse von innen thätig werdenden, auf Auseinandertreiben gerichteten Kräfte. Wie die Gussform, um das Modell entfernen zu können, häufig in mehrere Theile zerlegt werden muss, so pflegt auch der Formkasten aus gleich vielen Theilen wie die Gussform zusammengesetzt zu sein. Ist der Formkasten zweitheilig, so nennt man die obere Hälfte Oberkasten, die untere Unterkasten. Bei grossen Gussstücken, welche einen entsprechend grossen und deshalb kostspieligen Formkasten erfordern, ersetzt man den Unterkasten, falls derselbe nicht transportirt oder umgewendet zu werden braucht, bisweilen durch die Wände des Erdreichs, indem man in der Hüttensohle eine entsprechend grosse Oeffnung ausschachtet und das Formmaterial hineinbringt. Man gebraucht dann nur einen Oberkasten.

Die Gestalt der Formkasten ist gewöhnlich vierseitig, seltener und nur für bestimmte Zwecke rund oder polygonal. Sie stellen Rahmen von grösserer oder geringerer Höhe vor, Figuren 115, 116 und 117. Die Flächen, mit denen sich zwei Formkastenhälften berühren, müssen gut auf einander schliessen und sind deshalb für genaue Arbeit gehobelt.

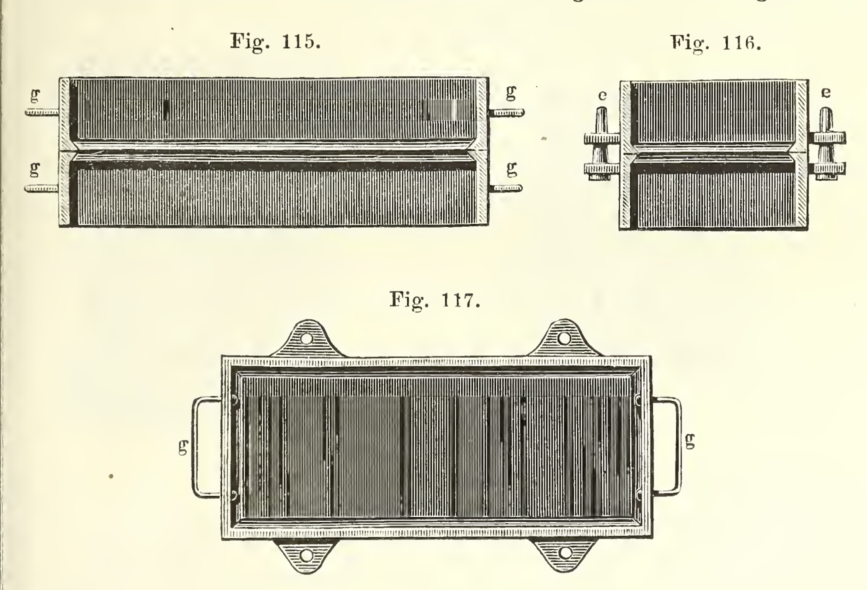



Fig. 115. Fig. 116. Fig. 117.

Um die Formkastentheile zur Herausnahme des Modells auseinander nehmen und dann in genau derselben Weise wieder zusammensetzen zu können, ist der eine Formkastentheil mit Dübeln *ee*, der andere mit Dübellöchern versehen, in welche diese Dübel hineintreten. Bei grösseren Formkasten werden die Dübel genau gedreht und die Löcher gebohrt, auch pflegt man bei diesen grösseren Formkasten die Dübel mit Schlitzen

zu versehen, durch welche Splinte gesteckt werden können, um Oberkasten und Unterkasten fest zu verbinden. Ist der Formkasten dreitheilig, so werden alle drei Theile durch Dübel verbunden, Fig. 118.

Um das Herausfallen des Formmaterials beim Abheben des Oberkastens zu verhüten, ist derselbe an dem Rande ringsherum mit einer schmalen, nach innen vorspringenden Leiste, der Sandleiste, versehen. Zum Transportiren des Formkastens dienen Handhaben *gg*, Fig. 115, an zwei gegenüberliegenden Seiten, die bei schweren Kasten durch starke Zapfen zum Umschlagen von Seilen oder schmiedeeisernen Gehängen ersetzt werden.

Gewöhnlich bildet jeder Formkastentheil ein untheilbares Ganze und wird nur in senkrechter Richtung von seiner andern Hälfte entfernt. Es kann aber auch der Fall vorkommen, dass man einzelne Formkastentheile in seitlicher Richtung auseinander nehmen muss, wenn sich das Modell in anderer Weise nicht entfernen lässt. Man wendet dann gewöhnlich einen dreitheiligen Formkasten an, dessen mittlerer Theil sich seitlich zerlegen lässt und durch Klammern zusammengehalten wird. Als Beispiel hierfür kann der in Fig. 119 gezeichnete Formkasten zum Einformen von Eisenbahnbufferhülsen dienen. Ein und derselbe Formkasten kann natürlich zur Anfertigung der verschiedenartigsten Gegenstände

Fig. 118.

Fig. 119.

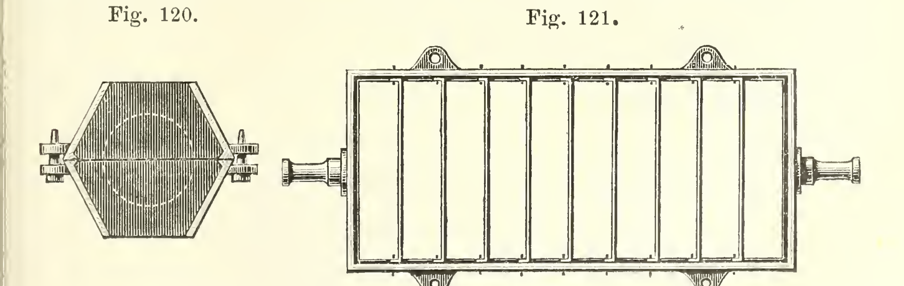
gebraucht werden. Werden jedoch nach einem Modelle sehr viele Abgüsse gefertigt, so pflegt man sich einen genau passenden Formkasten eigens dazu herzustellen, um an Formmaterial zu sparen und die Arbeit abzukürzen. So z. B. wird man, wenn viele cylindrische Säulen nach einem Modelle zu giessen sind, dem Formkasten nicht einen vierseitigen, sondern einen sechsseitigen Querschnitt geben, wie in Fig. 120; Formkasten zu Grabkreuzen wird man im Grundrisse gleichfalls kreuzförmig herstellen u. s. f. In der richtigen Construction der Formkasten liegt ein wichtiges Mittel, bei massenhafter Production die Selbstkosten eines Fabrikats zu erniedrigen.

Das Material zu den Formkasten ist fast stets Gusseisen. Holz ist dem Verbrennen zu sehr ausgesetzt, verzieht sich und besitzt zu wenig Steifigkeit. Nur in Ausnahmefällen, wenn zu einem einzelnen Abgusse kein eiserner Formkasten vorhanden ist, kann man der grössern Billigkeit halber Holz verwenden. Die Anwendung von Schmiedeeisen ist mehrfach versucht worden, um bei den Formkasten an Gewicht zu sparen. Man nietete die Kasten aus Flacheisen oder Winkeleisen zusammen. Zwei Eigenschaften des Schmiedeeisens machen es jedoch als Material für Formkasten weniger als Gusseisen geeignet, nämlich die geringere Steifigkeit, in Folge deren die Formkastenwände beim Drucke von innen oder aussen nachgeben und die Gussform Gefahr läuft, beschädigt zu werden, und die geringere Widerstandsfähigkeit gegen Rostbildung. Beim Giessen werden eine Menge Dämpfe entwickelt, welche sich auf den kalten Formkastenwänden niederschlagen und Rost erzeugen; wenn die Formkasten aber ausser Gebrauch sind, werden sie meistens im Freien, den Witterungseinflüssen ausgesetzt, aufbewahrt. Theils in Folge der schon früher erwähnten stärkern Neigung des Schmiedeeisens, Rost anzusetzen, theils in Folge der geringeren Wandstärken, welche eben den Hauptvorzug der schmiedeeisernen Kasten ausmachen sollen, tritt also eine Zerstörung erheblich schneller ein, als bei den gusseisernen.

Die Formkastendübel, die Handhaben, Haken und Klammern werden stets aus Schmiedeeisen hergestellt und heissen zusammen der Beschlag des Formkastens.

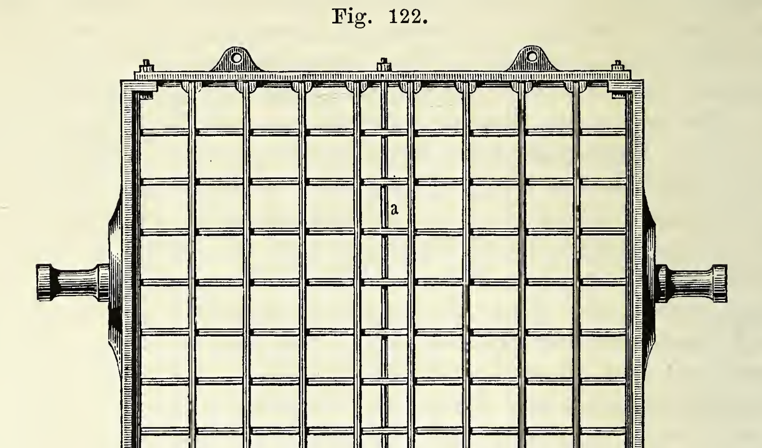
Wenn der Formkasten eine grosse Fläche bietet, so würde das Formmaterial nicht genug Festigkeit besitzen, um nicht beim Abheben des Oberkastens durch sein eigenes Gewicht herauszufallen oder beim Abgiessen durch den Druck des flüssigen Metalls gehoben zu werden. Zur Vermeidung dieser Uebelstände bringt man in dem Oberkasten durchlaufende Scheidewände in Abständen von 100 bis 200 Mm. an, welche den ganzen Kasten gitterförmig eintheilen. Diese Zwischenwände sind fast immer aus Gusseisen und bei Kasten mittlerer Grösse gewöhnlich mit eingegossen, bei grösseren entweder durch angegossene Flantschen angeschraubt, wie in Fig. 121, oder in verticale Nuten eingesetzt, welche an der Innenseite des Kastens angegossen sind, wie in Fig. 122 (a. f. S.).

Fig. 120. Fig. 121.



Diese Zwischenwände dürfen nicht bis unmittelbar auf das Modell herunterreichen, sondern es muss zwischen ihnen und dem Modell ein

Fig. 122.




Zwischenraum von 20 bis 30 Mm. zur Ausfüllung mit Formmasse bleiben. Wenn nun also ein Theil des Modells in den Oberkasten hinaufragt, so müssen die Zwischenwände dementsprechend ausgeschnitten sein.

Hierdurch kann für gewisse Formen der Abgüsse die Nothwendigkeit entstehen, jeder Zwischenwand ein anderes Profil geben zu müssen und man wendet in solchen Fällen wohl hölzerne Zwischenwände an, die jedoch selten mehr als einen bis zwei Güsse aushalten.

Besitzt der Formkasten eine bedeutende Breite, so müssen die Zwischen- oder Scheidewände auch unter sich noch eine Versteifung erhalten. Man schiebt zu diesem Zwecke zwischen je zwei Scheidewände Querstücke ein, welche senkrecht auf der Richtung der Scheidewände stehen und gewöhnlich nur durch Holzkeile und den Druck, den sie, in gerader Linie fortlaufend, eins auf das andere ausüben, festgehalten werden (Fig. 122). Diese Querstücke werden gewöhnlich aus Holz, seltener aus Gusseisen hergestellt, da sie nur aus kurzen Stücken bestehen, die sich aus Holz ohne grosse Kosten beschaffen lassen.

Kleinere Formkastenhälften giesst man in einem Stücke, bei grösseren vierseitigen Formkasten giesst man die Giebelstücke und die Seitenwände getrennt und schraubt sie zusammen wie in dem Formkasten Fig. 122.

Der Guss der Kasten und etwaige Reparaturen werden durch diese Einrichtung erheblich erleichtert; fertigt man aber mehrere Kasten in dieser Weise von gleichen Höhenabmessungen, so erhält man daneben noch den Vortheil, mit wenigen Formenkastentheilen durch Combination derselben eine grössere Anzahl Kasten verschiedener Dimensionen herstellen zu können. Hat man z. B.

1 Paar Längstheile 3 M. lang, 1 Paar Giebelstücke 1 M. breit,
1 „ „ 4 „ „ 1 „ „ $1\frac{1}{2}$ M. breit,

so kann man aus diesen zwei Paar completten Formkastentheilen vier verschiedene Formkasten herstellen; nämlich

1 Formkasten 3 M. × 1 M.,
1 „ 3 M. × $1\frac{1}{2}$ M.,
1 „ 4 M. × 1 M.,
1 „ 4 M. × $1\frac{1}{2}$ M.

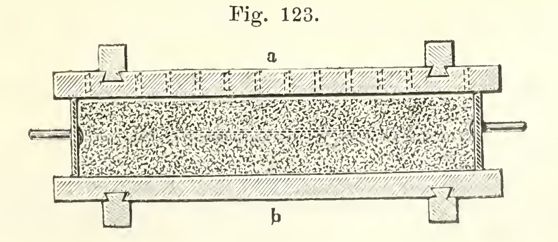
Allgemein aus den completten Theilen zu $a$ Formkasten, also $a$ Paar Giebeltheilen und $a$ Paar Seitentheilen lassen sich $a^2$ verschiedene Formkastengrössen herstellen.

Endlich giebt man langen Formkasten, um ihre Seitenwände vor dem Auseinanderbiegen zu bewahren, noch querhindurchgehende Verankerungen aus Rundeisen $a$, Fig. 122. Bei Formkasten, welche eingeschraubte oder eingegossene Zwischenwände besitzen, dienen diese, wenn sie stark genug sind, meistens schon zur grössern Steifigkeit der Seitenwände und machen die Anwendung besonderer Verankerungen entbehrlich.

Ein letztes Mittel, das Formmaterial vor dem Herausfallen aus dem Oberkasten zu bewahren, sind die sogenannten Gehänge. Dieselben bestehen aus gusseisernen oder schmiedeeisernen S-förmig gebogenen Stäben, welche mit einem Ende auf den Zwischenwänden ruhen, mit dem andern Ende bis kurz über das Modell herunterhängen. Sie werden vorzugsweise dann angewendet, wenn ein Theil des Formmaterials, welches mit dem Oberkasten emporgehoben wird, weit unter der Kante desselben hervorragt, wenn also das Gussstück eine im Unterkasten befindliche Vertiefung erhält. Diese Gehänge erschweren allerdings das Herausfallen des Formmaterials, machen dagegen ein Umwenden des Formkastens unmöglich, weil sie nur lose auf den Zwischenwänden aufliegen und beim Wenden also herausfallen würden. Bei gutem Formmateriale und zweckmässig construirten Zwischenwänden sind sie gewöhnlich entbehrlich und werden nur ausnahmsweise verwendet.

Ergänzungsstücke zu den Formkasten bilden die Formbretter, Lehrbretter oder Unterlagen, einfache mit Querleisten an der untern Seite versehene Bretter oder Tafeln aus trocknem Holze, welche sowohl als Unterlage bei Herstellung der Gussform als beim Abgiessen derselben

Fig. 123.



zu dienen pflegen. Dieselben sind besonders dann erforderlich, wenn der untere Formkasten gewendet werden muss; man spannt denselben in diesem Falle beim Wenden zwischen zwei Formkastenbretter *a* und *b*, Fig. 123 (a. v. S.), um das Herausfallen des Formmaterials zu verhüten, und nennt das Brett *b*, auf welchem das Modell beim Einformen liegt, Modellbrett, das andere *a*, auf welchem gegossen wird, Unterlage. Letzteres muss bei grösseren Formkasten mit zahlreichen kleinen Löchern versehen sein, um das Entweichen der beim Giessen sich entwickelnden Gase und Dämpfe zu ermöglichen. Beim Wenden des Oberkastens macht die Anbringung der erwähnten Zwischenwände an und für sich das Herausfallen des Sandes unmöglich.

**Rüstungen der Lehmgussformen.** Nur in seltenen Fällen bedient man sich für Herstellung der Lehmgussformen eines Formkastens. Da, wie später eingehender besprochen werden soll, die Lehmgussformen ohne Formkasten vor dem Gusse in den Erdboden eingegraben werden, um ein Auseinandertreiben durch den Druck des flüssigen Metalls zu verhüten, so bedarf es nur solcher Rüstungen, welche ein Auseinandernehmen, Transportiren u. s. w. der Gussform, nachdem sie getrocknet worden ist und dadurch Steifigkeit erlangt hat, ermöglichen. Vielfach dienen hierzu eingelegte, entsprechend gebogene Flacheisenstäbe, welche mit darüber gelegten Querstäben durch Draht zusammengebunden und in dieser Weise zu einer Art Gerippe der ganzen Gussform vereinigt werden. Um die dem Profile der Gussform genau entsprechende Biegung der Stäbe ohne grossen Zeitverlust bewirken zu können, benutzt man Bleistäbe als Modell, welche sich mit Leichtigkeit zuvor biegen und anpassen lassen.

In anderen Fällen mauert man die Umfassungen der Lehmgussformen aus Lehmsteinen, Ziegelsteinen oder Chamottesteinen in kunstgerechtem Verband auf, so dass diese gemauerte Umfassung als Rüstung dient, und bekleidet sie nur an den Innenwänden mit Lehm. Wenn es aber erforderlich wird, die Gussform in sehr viele einzelne Theile zu zerlegen, z. B. beim Statuenguss, so umkleidet man sie mit einem Gypsmantel von 200 bis 500 Mm. Stärke, der in eben so viele Theile als die Gussform zerlegt ist und dessen einzelne Stücke sorgsam in einander gefugt und mit je einem zugehörigen Theile der eigentlichen Gussform fest verbunden sind. Das Ganze wird schliesslich nach dem Zusammensetzen der Gussform durch umgelegte schmiedeeiserne Anker fest verbunden.

**Rüstungen der Kerne.** Bei allen Kernen, welche durch Drehen mit der Schablone ihre Form erhalten, bildet die Kernspindel die starre Achse, den innersten Theil des Kernes. Sie ragt an beiden Enden über den eigentlichen Kern hinaus und endigt in Zapfen, mit denen sie beim Drehen in Lagern ruht. Gewöhnlich endigt der eine Zapfen in einem Vierkant, über welches eine Kurbel zum Drehen des Kerns geschoben werden kann.

Die Kernspindel hat vornehmlich zwei Bedingungen zu erfüllen:

sie muss dem Kerne Steifigkeit genug geben, um ihn vor beträchtlicher Durchbiegung zu bewahren;

sie muss derartig construirt sein, dass sie das Entweichen der beim Giessen aus dem Kerne entwickelten Gase und Dämpfe gestattet, ohne dass dieselben in die Gussform treten.

Die erste Bedingung wird auch bei sorgfältigster Construction und zweckmässigstem Materiale nicht immer in ausreichender Weise erfüllt, und man ist dann genöthigt, bei der Verwendung des Kerns denselben durch äussere Mittel zu stützen; die Erfüllung der zweiten Bedingung ist aber unerlässlich, wenn nicht das Gelingen des Gusses gefährdet werden soll.

Als Material zu den Kernspindeln dient Schmiedeeisen oder Gusseisen, Holz nur ausnahmsweise für ungewöhnliche Formen der Kerne.

Die Construction des Spindelsquerschnitts ist verschieden nach dem Durchmesser desselben. Dünnere Kernspindeln bis zu 25 Mm. Durchmesser stellt man häufig aus Rundeisen mit eingehobelten Längsnuten her, welche als Abzugscanäle für die Gase dienen, Fig. 124; oder man benutzt

Fig. 124.



schmiedeeiserne gezogene Röhren, welche mit zahlreichen durchbohrten Löchern versehen werden, um den Gasen den Zutritt in das Innere zu gestatten, von wo sie ungehindert entweichen können, Fig. 125.

Fig. 125.



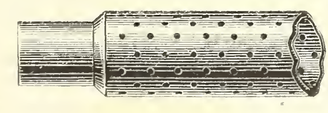
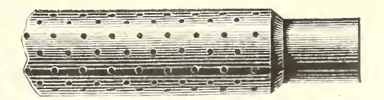
Bei etwas grösserem Durchmesser pflegt man Gusseisen als Material zu benutzen und den Spindeln einen sternförmigen Querschnitt zu geben, Fig. 126, wobei der Zwischenraum zwischen den Strahlen denselben Zweck erfüllt, wie die eingehobelten Nuten der schwächeren Kerne.

Fig. 126.



Noch stärkere Kernspindeln giesst man hohl aus Gusseisen und versieht sie wie die schwachen Schmiedeeisenröhren mit zahlreichen Oeffnungen zum Entweichen der Luft, Fig. 127.

Fig. 127.

Für einzelne Gussstücke, wenn eine passende Spindel nicht vorräthig ist, hilft man sich durch ein starkes Quadrateisen, auf dessen vier Seiten schwächere aufgelegt und durch Draht verbunden werden, Fig. 128. Die Enden des Quadrateisens sind rund geschmiedet, um als Zapfen zu dienen.

Fig. 128. Fig. 130.

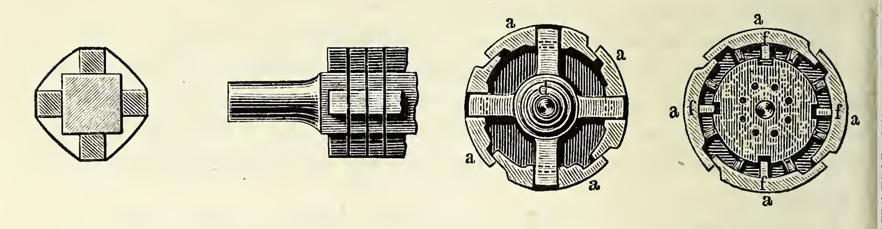
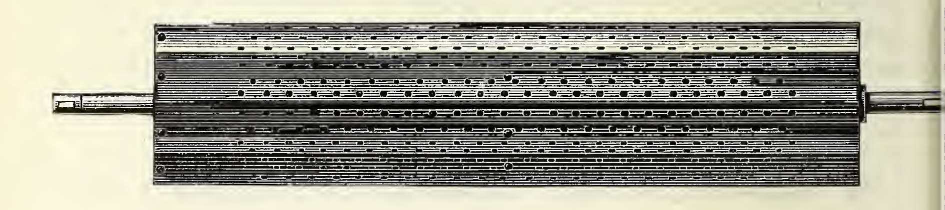



Fig. 129.



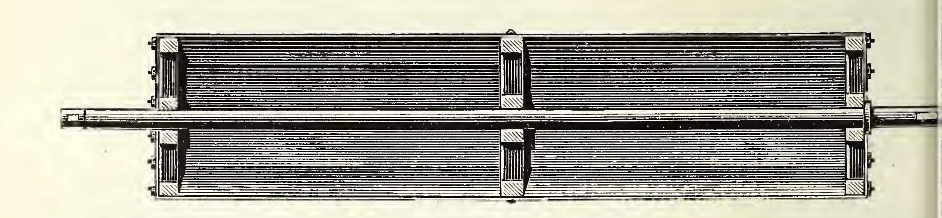
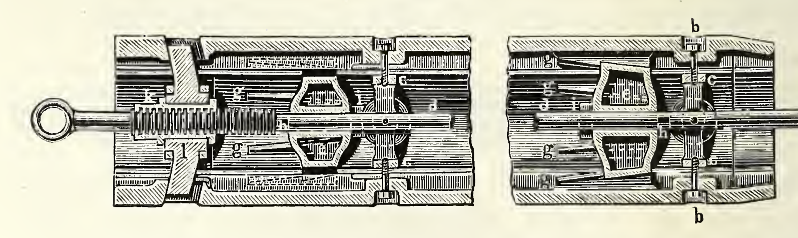


Fig. 131.




Grosse Spindeln (über 500 Mm. im Durchmesser) fertigt man wohl des geringern Gewichts halber aus Eisenblech oder Flachstäben, welche auf gusseiserne Scheiben aufgeschraubt oder aufgenietet sind, Fig. 129.

Endlich wendet man bisweilen für sehr grosse Cylinder (über 1 M. im Durchmesser) sogenannte Differenzialspindeln mit verstellbarem

Durchmesser an, um der Schwindung nach dem Erstarren Rechnung zu tragen. Eine solche Differenzialspindel ist in den Figuren 130 und 131 abgebildet. Die eigentliche Spindel besteht aus vier gusseisernen Segmentstücken *aa*, deren Berührungsflächen auf einander gleiten, sobald die Segmente in radialer Richtung verschoben werden, so dass in solcher Weise eine Vergrösserung und Verkleinerung des Durchmessers bewirkt werden kann. Die Segmentstücke sind durch Schraubenbolzen *bb* mit zwei gusseisernen Ringen *cc* derartig verbunden und vor dem Auseinanderfallen gesichert, dass eine radiale Bewegung der Segmente in solchem Maasse erfolgen kann, als es einerseits der äussere Durchmesser der Ringe *cc*, andererseits die Länge der Schraubenbolzen *b* gestattet.

Die durch die ganze Länge der Kernspindel hindurchgehende schmiedeeiserne Achse *d* trägt die beiden Gusseisenkegel *ee*, welche mit Nuten längs der an den Segmentstücken angegossenen Längsrippen *ff* geführt und dabei gegen die keilförmigen Nasen *gg*.. der Segmentstücke gedrückt werden. Es ist klar, dass bei Fortschiebung der Kegel *e* nach rechts die Segmentstücke auseinander geschoben, der Durchmesser der Kernspindel also vergrössert wird, dass aber bei Fortschiebung nach links eine Verkleinerung des Spindeldurchmessers eintreten muss, sobald ein Druck auf die Segmentstücke von aussen stattfindet. Um diese Verschiebung zu ermöglichen, sind die Kegel *e* auf der Achse *d* durch die Splinte *h* und Bunde *i* festgehalten, während sich *d* frei drehen kann; *d* aber ist mit Schraubengewinde *h* versehen und in der Schraubenmutter *l* drehbar, welche ihrerseits in der aus der Zeichnung ersichtlichen Art und Weise mit den Segmentstücken verbunden ist. Durch Drehung der Achse nach rechts oder links wird demnach diese selbst und mit ihr die Stücke *ee* nach vorwärts bewegt, dadurch eine Vergrösserung oder Verkleinerung des Spindeldurchmessers bewirkt.

Neben den Kernspindeln mögen sogleich als einfache aber unentbehrliche Hülfsapparate bei Anfertigung gedrehter Kerne die Kerndrehbänke Erwähnung finden, welche den Zweck haben, eine Auflage für die Kernspindel wie für die formgebende Schablone beim Drehen des Kerns zu bilden. Meistens stellt man sie aus zwei hölzernen Böcken her, auf welchen je zwei im Winkel eingeschlagene eiserne Stifte die Kernspindel vor dem Verschieben sichern, während die übrige Fläche als Auflage für die Schablone dient, Fig. 132 (a. f. S.). Seltener ist die Anwendung gusseiserner Kerndrehbänke, und nur in sehr vereinzelten Fällen hat man die Kerndrehbänke ähnlich den Drehbänken zum Metalldrehen mit Spindelstock und Riemenscheiben versehen, um den Antrieb von einer Transmission aus zu bewirken und die Arbeit des Kurbelns zu sparen.

Für alle nicht durch Rotation entstandenen Kerne dienen die Kerneisen als Ersatz der Kernspindel. Diese Kerneisen sind Stäbe aus Guss- oder Schmiedeeisen, in der ganzen Länge des Kerns eingelegt, jeder Krümmung desselben folgend, häufig in grösserer Anzahl parallel neben einander liegend und durch Querstäbe zu einem Systeme verbunden,

Fig. 133, also den Eisen der Lehmgussformen entsprechend und ebenso wie diese gemeinschaftlich ein Gerippe des Kerns bildend, welches dem-

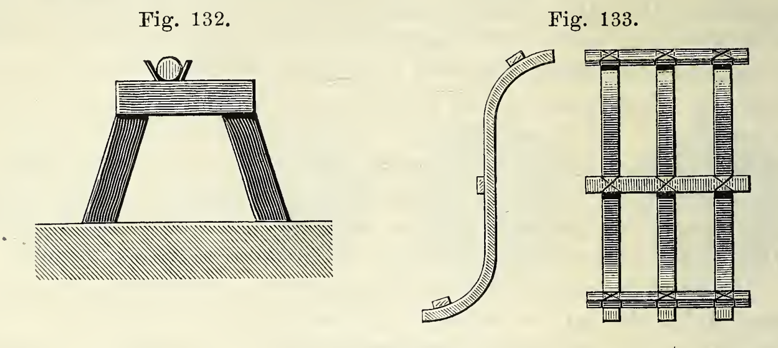


Fig. 132. Fig. 133.

selben Festigkeit giebt. Für die S-förmigen Kerne zu den Dampfcanälen der Dampfcylinder z. B. wird man eine Anzahl ebenfalls S-förmig gebogener Kerneisen einlegen und dieselben durch einzelne Querstäbe verbinden, welche mit Draht an den ersteren befestigt werden.

## D. Die Werkzeuge der Formerei.

Hierher gehören:

Siebe zum Durchsieben der Formmaterialien, feinere mit Messingdrahtböden, gröbere mit Eisendrahtböden, Maschenweite $^1/_2$ bis 5 Mm.

Stampfer zum Feststampfen von Sand und Masse. Die kleineren sind aus Gusseisen mörserkeulenartig gefertigt, Fig. 134, die zugeschärfte Kante am obern Ende dazu dienend, auch in schmalen Fugen das Formmaterial feststampfen zu können. Die grösseren Stampfer haben einen gusseisernen Fuss und hölzernen Stiel, dessen Länge der Tiefe der Gussform entspricht, Fig. 135.

Schaufeln zum Einschaufeln des Formmaterials.

Besen zum Zusammenkehren desselben.

Richtscheite von Holz und Eisen.

Schrauben verschiedener Grösse zum Herausheben der Modelle (welche mit entsprechendem Muttergewinde versehen sein müssen); für Holzmodelle Holzschrauben; zu einem Auge an dem einen Ende umgebogen, um einen Querstab hindurch stecken und dadurch das Herausheben leichter bewirken zu können, Fig. 136.

Werkzeuge zum Glätten und Ausbessern der Gussform, gewöhnlich bestehend in Streichblechen, Fig. 137, mit glatt polirter Fläche, Putzhäkchen oder Spatel, winkelförmige, Fig. 138, und gebogene, Fig. 139.

Ein Blechlöffel.

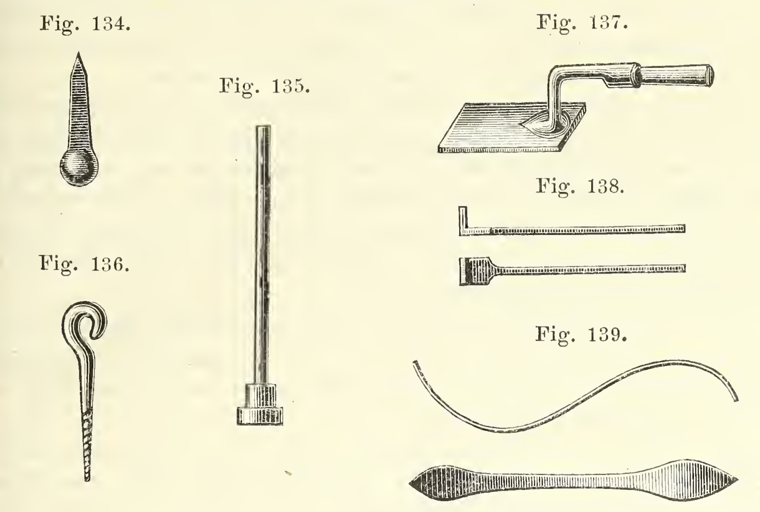
Pinsel verschiedener Grösse.

Ein Blasebalg zum Entfernen kleiner hineingefallener Körper aus der Gussform.

Ein Wassergefäss.

Hammer aus Holz und Eisen.

Staubbeutel in Sackform aus Leinwand oder Shirting zum Aufstäuben von Kohlenstaub, ca. 400 Mm. lang, 200 Mm. breit.




Lange Nadeln (Luftspiesse) zum Luftstechen, d. h. zur Anbringung von Canälen für die entweichenden Gase und Dämpfe innerhalb der Formmasse.

Gabeln, zweizinkig, von starkem Bleche zum Aufspiessen und Bewegen kleiner Kernstücke.

Schraubzwingen aus Holz und Eisen bis zu 600 Mm. Spannweite für verschiedene Zwecke.

Zirkel.

## E. Das Arbeitsverfahren der Formerei.

### Die Herdformerei.

Herd nennt man in der Giesserei eine natürliche oder künstlich hergestellte Lage porösen Formsandes, deren Oberfläche im Niveau der Hüttensohle zu liegen pflegt, und welche eine solche Stärke besitzt, dass man im Stande ist, einfache, oben ganz oder theilweise offene Gussformen durch Eindrücken eines Modells in derselben herzustellen. Das Metall erstarrt in der oben offenen Gussform mit horizontaler Oberfläche, und diese, nur in Folge der bei der Erstarrung eintretenden physikalischen und chemischen Vorgänge etwas von einer genauen Ebene abweichende Oberfläche kennzeichnet den offenen Herdguss.

Da beim Giessen im Herde die entwickelten Gase und Dämpfe in senkrechter Richtung keinen Ausweg finden, so ist ein sehr durchlässiges

Material erforderlich, um dieses Entweichen der unterhalb des Metalls entwickelten Dämpfe nach allen Seiten hin zu gestatten. Bei dichtem, thonigem Boden gräbt man denselben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Meter tief aus, bringt zu unterst eine Lage Kohlenlösche, darauf einen sehr durchlässigen Sand.

Bei weniger dichtem Boden und gutem porösem Sande lässt man die Kohlenlösche weg und lässt den Herd nur aus Sand bestehen.

Besteht das Erdreich schon an und für sich aus einem grobkörnigen, scharfen Sande, so hat man nur nöthig, da wo die Gussform hergestellt werden soll, den eigentlichen Formsand darauf zu bringen.

Um eine Gussform herzustellen, gräbt man den vorher benutzten Herd auf, siebt den Sand durch und ebnet die Oberfläche genau nach der Horizontalen, indem man zwei lange Holzleisten wagerecht und parallel einklopft, so dass ihre Oberkante etwas tiefer als die Oberkante des Herdes liegt, sie mit der Setzwage genau richtet und nun ein hochkantig gehaltenes Richtscheit über beide hinwegführt, allen über die Leisten emporstehenden Sand abstreichend.

In dieses so geebnete Sandbett wird das Modell unter steter Benutzung der Setzwage mit einem Holzhammer eingeklopft, dann die Ränder desselben mit gutem Formsande umstampft und abgestrichen und endlich das Modell herausgezogen.

Zur Ableitung der Gase sticht man mit dem Luftspiesse rings um das Modell und in schräger Richtung möglichst weit unter dasselbe Luftcanäle. Bei sehr grossen Gegenständen legt man zur Bildung dieser Luftcanäle dünne Seile in den Herd ein, welche von den Seiten her bis unter die Mitte des Modells reichen, mit dem andern Ende zu Tage münden, und zieht sie, nachdem das Modell eingeklopft ist, vorsichtig heraus; oder man benutzt locker geflochtene Strohseile zu demselben Zwecke, welche porös genug sind, um den Gasen in ihrem Innern Abzug zu gewähren, und deshalb liegen bleiben können.

Das Modell wird entweder nur so tief eingeklopft, als die Stärke des Abgusses werden soll, oder man macht die Gussform etwas tiefer, als es die Stärke des Abgusses erfordert, und schneidet an den Rändern sogenannte Niveaus *aa*, Fig. 140, ein, durch welche das überflüssig zugegossene Metall ablaufen kann.

Fig. 140.

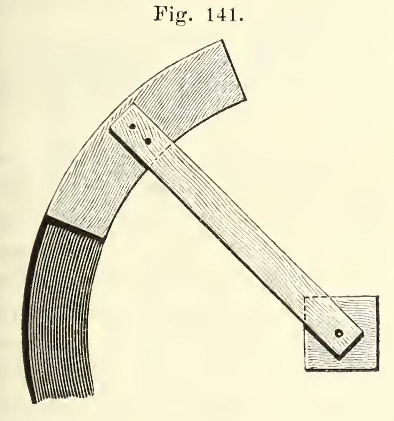
Um einfache Sachen einzuformen bedarf es nicht immer eines vollständigen Modells, sondern man hilft sich in billigerer Weise.

Um z. B. eine vierseitige Platte zu giessen, bezeichnet man auf einem glatt gehobelten Brette die Grösse dieser Platte durch aufgeheftete schmale Leistchen, legt nun das Brett auf den vorher geebneten Herd mit den Leisten nach unten, so dass sie sich im Sande abdrücken, und stampft, nachdem das Brett entfernt ist, rings um die in ihrer Grösse auf solche Weise bezeichnete Fläche einen Rand auf, indem man durch Gegenhalten einer einfachen Leiste dem Rande beim Aufstampfen Gegendruck hält.

Oeffnungen in einer Platte stellt man her, indem man da, wo die Oeffnung angebracht werden soll, einen kleinen Rahmen in die vorher hergerichtete Gussform einlegt und den Raum innerhalb des Rahmens mit Sand vollstampft, so dass nach dem Wegnehmen des Rahmens dieser Sandkörper eine Erhöhung bildet, welche das Zutreten des Metalls verhindert. Ist die Oeffnung vierseitig, so kann man die Lage derselben in gleicher Weise bezeichnen, wie die äussere Umgrenzung der Platte und dann mit einer einzigen Leiste die vier Seiten nach einander abgrenzen.

Um einen grossen Ring herzustellen, bedient man sich eines Segments, welches sich an einem hölzernen Arme um einen im Mittelpunkte des Ringes auf einem Brette eingeschlagenen Nagel dreht, Fig. 141.

Fig. 141.



Nachdem beide Ränder des Segments umstampft sind, wird dasselbe weiter bewegt, bis der Ring fertig ist.

Gitter- und Fenstermodelle richtet man vollständig her, macht sie aber der bessern Haltbarkeit wegen gewöhnlich stärker, als der Abguss werden soll, und klopft sie nur bis zu der vorgeschriebenen Stärke in den Sand ein, oder bezeichnet die Stärke des Abgusses durch Niveaus.

Kleine Oeffnungen in den Abgüssen werden durch Masse- oder Lehmkerne hergestellt, welche in die Gussform eingesetzt und durch darüber gelegte Leisten vor dem Auftriebe durch das flüssige Metall geschützt werden, Fig. 142 (a. f. S.). Die Stellung dieser Kerne wird durch auf dem Modelle befindliche Kernmarken bezeichnet.

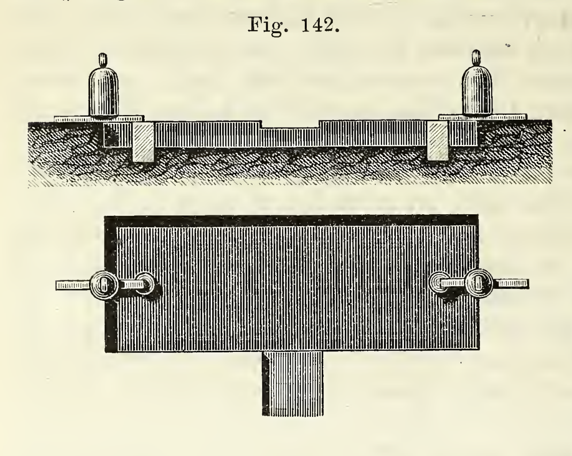
Sehr stark einspringende Kanten der Gussform werden durch eingedrückte Drahtstifte vor dem Fortreissen durch das Metall gesichert.

Durch gewisse Kunstgriffe ist man im Stande, auch der Oberfläche geringe Abweichungen von einer horizontalen Fläche zu geben. Um z. B. Platten mit Falz, Fig. 143 (a. f. S.), zu giessen, legt man an der Stelle,

wo die Vertiefung angebracht werden soll, eine eiserne mit Lehm bestrichene Leiste *a* in die Gussform, unter welcher dann das Metall hinlaufen muss.

Das Einlaufen des flüssigen Metalls in die Gussform geschieht durch den „Einguss", eine schmale muldenförmige Rinne, welche an einer Seite in die Gussform, an der andern in eine etwas höher gelegene sumpfartige Mulde mündet, in welche das flüssige Metall zunächst ausgegossen wird. Der Einguss muss erheblich schwächer in der Stärke als der Abguss sein, um nach dem Erkalten mit Leichtigkeit abgeschlagen werden zu können, ohne eine Beschädigung des Gussstücks fürchten zu müssen.

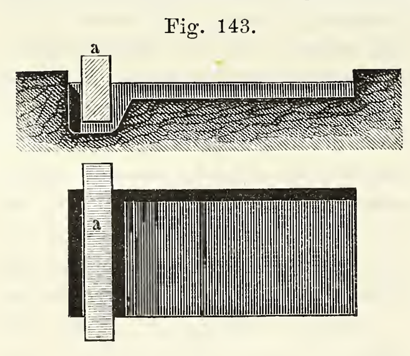
Fig. 142.



Je grösser die Oberfläche des Abgusses im Verhältnisse zu seiner Stärke ist, desto mehr Eingüsse bringt man an, um ein rasches Anfüllen der Gussform mit flüssigem Metalle zu erreichen, bevor dasselbe erstarrt. Als Beispiel hierfür möge Fig. 144 dienen.

Bei flachen Gegenständen lässt man den Einguss stets an dem obern Rande der Gussform münden und das Metall von oben hineinfliessen, wie in Fig. 144; bei hohen Körpern lässt man das Metall bisweilen von unten aufsteigen, indem man dasselbe durch eine in dem Herdsande angebrachte Rinne nach unten führt, Fig. 145. Man bezweckt dadurch die Erzielung eines dichtern, von den Ausscheidungen des Metalls freiern Gusses. Denn da der Einguss stets voll flüssigen Metalls erhalten wird, bleiben die specifisch leichteren ausgeschiedenen Körper (Oxyde, Graphit) an der Oberfläche desselben zurück, ohne in die Gussform zu gelangen.

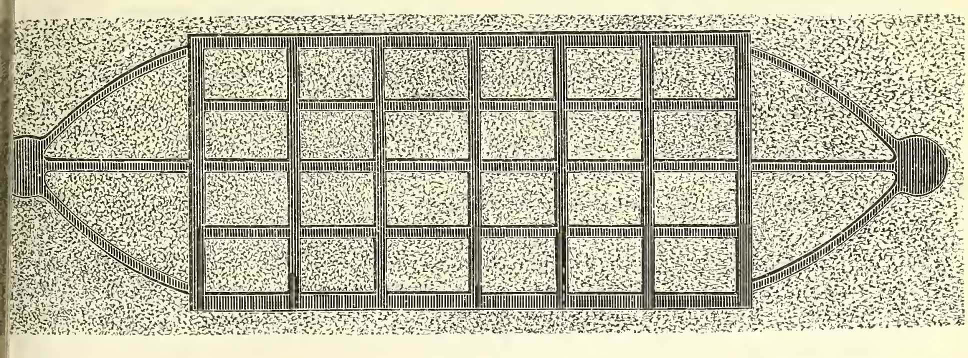
Fig. 143.

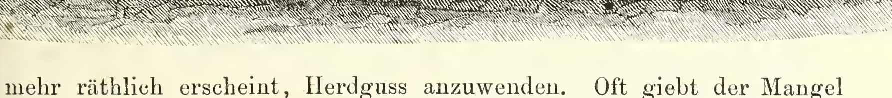



Die Herdformerei ist für einfach gestaltete Gegenstände die einfachste und deshalb billigste Herstellungsmethode. Sie erfordert die geringsten Modellkosten, das geringste Inventar an Geräthen und, so lange die Form des Abgusses der Eigenthümlichkeit des Verfahrens entspricht, die geringsten Löhne. Die Löhne wachsen aber, je mehr die Form des

Modells von jenen Regeln für gewöhnlichen Herdguss sich entfernt, und können bei schwierigen Aufgaben eine Grenze erreichen, wo es nicht

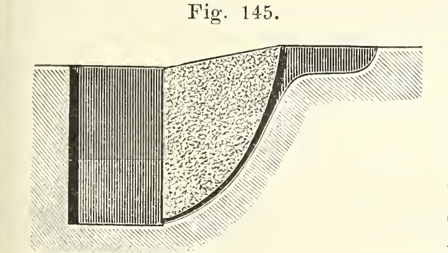
Fig. 144.





mehr räthlich erscheint, Herdguss anzuwenden. Oft giebt der Mangel eines passenden Formkastens den Ausschlag für die Wahl des Herdgusses.

Fig. 145.



Ein Nachtheil desselben liegt in der stets undichten Beschaffenheit des Abgusses in den der Oberfläche zunächst liegenden Theilen, ein Umstand, hervorgerufen theils durch das ohne jeden äussern Druck stattfindende Erstarren, in Folge dessen Gasblasen unterhalb der rasch starr werdenden obersten Schicht zurückgehalten werden; theils auch durch die an jeder freien Oberfläche flüssigen Metalls entstehenden Ausscheidungen und Oxydationsproducte. Soll daher ein Herdgussstück auch an der Oberfläche dicht werden, so muss man bei Gusseisen mindestens 5 Mm. der Stärke des Abgusses zugeben und dieses Uebermaass, welches den grössten Theil jener Gasblasen und Ausscheidungen enthält, durch spätere mechanische Bearbeitung entfernen.

## Die Kastenformerei.

Kastenformerei nennt man diejenige Art und Weise der Herstellung von Gussformen, bei welcher man sich der Formkasten bedient, um die Gussformen heben, wenden und fortschaffen zu können. Das üblichste Material für die Kastenformerei bildet, wie schon früher erwähnt, der Sand und die Masse, weit seltener Lehm.

Der einfachste Fall bei der Kastenformerei ist der, wenn ein einfach gegliedertes Modell ohne Kernstücke in einem zweitheiligen Kasten eingeformt wird. Das Modell, oder, wenn es getheilt ist, die in den Unterkasten kommende Hälfte des Modells, wird in umgekehrter Lage auf ein Lehrbrett gelegt, der Unterkasten, gleichfalls in umgekehrter Lage, darüber gestülpt, Sand aufgesiebt, gestampft, bis der Sand über den Rand des Kastens herausragt, mit dem Richtscheite glatt abgestrichen; dann wird ein zweites Lehrbrett (Unterlagsbrett) darauf gelegt, um das Herausfallen des Sandes beim Wenden des Kastens zu verhüten, der Kasten mit beiden Brettern gewendet, so dass die vorher untere Seite jetzt oben liegt, das oben liegende Lehrbrett entfernt und der Oberkasten aufgesetzt. Vorher bestreut man die Oberfläche des Sandes dünn mit Ziegelmehl oder scharfkantigem, grobem, trocknem Sande, um das Zusammenkleben der Sandflächen des Ober- und Unterkastens zu verhindern. Besteht das Modell aus zwei Hälften, so setzt man nun die obere auf die untere. Bevor man den Oberkasten voll Sand stampft, setzt man das Modell zum „Eingusse", d. h. zu dem Giessloche, durch welches das Metall in die Form strömt, an seine Stelle, ein schwach konisches, gewöhnlich im Querschnitte kreisrundes Holzmodell, mit dem stärkern Ende aussen mündend. Der Einguss wird entweder unmittelbar auf das Modell gesetzt, so dass das Metall unmittelbar durch den Einguss in die Gussform einströmt, oder in einiger Entfernung davon, und wird dann mit der Form durch einen nach dem Einstampfen des Oberkastens mit dem Löffel angeschnittenen „Einlauf" verbunden.

Bei grossen Gussformen, welche eine Menge atmosphärischer Luft eingeschlossen enthalten, bringt man dem Eingusse gegenüber zum Entweichen dieser Luft „Windpfeifen" an, welche aus leicht erklärlichen Ursachen auf dem höchsten Punkte der Gussform münden müssen. Wird die Gussform mit verlorenem Kopfe versehen, so dient dieser gleichzeitig als Windpfeife.

Der Oberkasten wird nun in gleicher Weise wie der Unterkasten eingeformt, abgehoben, gewendet und neben dem Unterkasten aufgestellt.

Es folgt nun das Herausheben des Modells und Ausbessern der Gussform an den Stellen, wo sie etwa beschädigt worden ist. Bis hierher unterscheidet sich das Verfahren bei Herstellung von Sand- und Massegussformen nur durch die Art des Einstampfens. Sandformen werden weniger fest gestampft, damit sie für die entweichenden Dämpfe durchlässig bleiben; Masseformen werden fester gestampft, weil diese Rücksicht wegfällt und die Gussform durch festeres Stampfen widerstandsfähiger wird. Das Einstampfen des Formsandes erfordert um so mehr Umsicht und Uebung, je höher die Temperatur des eingegossenen Metalls ist — ein zu festes Einstampfen würde die Durchlässigkeit der Gussform beeinträchtigen und ein Kochen des Metalls zur Folge haben; ein zu loses Einstampfen würde ein „Treiben" des Gusses, d. h. eine Vergrösse-

rung der Abmessungen der Gussform durch den hydrostatischen Druck des Metalls ermöglichen.

Die Form im grünen Sande wird nun, wenn nöthig, mit Kohle ausgestäubt und ist dann zur Zusammensetzung fertig. Die Form in Masse wird mit der früher beschriebenen Schwärze geschwärzt und kommt nun erst zum Trocknen.

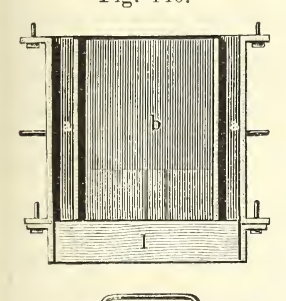
Bei grossen Gussformen erleidet dieses soeben beschriebene Verfahren häufig insofern eine Abweichung, dass man den Unterkasten nicht über das Modell einformt und dann wendet, sondern das Modell von oben her in den vorher mit Sand oberflächlich gefüllten Unterkasten wie bei der Herdformerei einklopft. Dadurch spart man allerdings ein Umwenden des schweren Kastens, es wird aber auf diese Weise weit schwieriger, den Sand um das Modell herum überall gleichmässig fest zu stampfen, und die Folge jeder Ungleichmässigkeit ist ein Treiben an dieser Stelle.

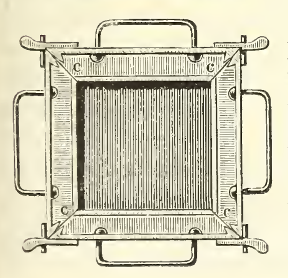
Man lässt auch häufig bei Anwendung dieses letztern Verfahrens den Unterkasten ganz fort, formt die untere Hälfte des Modells in den Herd ein, setzt den Oberkasten darauf und nennt diese Art der Förmerei wohl verdeckten Herdguss. Dieselbe bietet durch Ersparung des Unterkastens grosse Vortheile für den Guss grosser Gegenstände und ist deshalb besonders in Maschinenfabriken, welche grosse Stücke giessen, viel im Gebrauch.

Aus jenem einfachen Verfahren beim Einformen eines zweitheiligen Kastens lassen sich alle zusammengesetzteren Methoden bei mehrtheiligen Kasten ableiten.

Um z. B. den vierseitigen ornamentirten Kasten eines gusseisernen Etagenofens zu formen, verfährt man in folgender Weise.

Fig. 146.




Das Modell ist in vier Theile, den vier Seiten des Kastens entsprechend, durch senkrechte Fugen getheilt und durch Dübel lose zusammen gehalten. Der Formkasten besteht aus dem Unterkasten, dem Mitteltheile, welches die Höhe des zu formenden Ofenkastens besitzt und gleichfalls in vier Theile zerlegt werden kann, und einem flachen Oberkasten.

Das Modell wird aufrecht auf einen Lehrklotz gestellt, welcher die Höhe des Unterkastens besitzt und diesen voll ausfüllt, Fig. 146, dann Unter- und Mittelkasten aufgestellt und zunächst der Raum *a* zwischen Modell und Kastenwänden, dann der Raum *b* innerhalb des Modells voll Sand gestampft. Von den Ecken des Kastens nach den Ecken des Modell legt man vor dem Einstampfen ganz schwache Bleche *cc* ein,

um eine Trennung des Sandes nach den vier Theilen des Kastens herbeizuführen. Nun wird der Kasten sammt dem Untertheile umgedreht, der Lehrklotz *l* herausgenommen, trockner Sand oder Ziegelmehl auf die Flächen *xx* der Seitentheile gestreut, um diese später abnehmen zu können, und das Untertheil voll Sand gestampft. Dann abermaliges Wenden beider Kastentheile, Anbringen des Eingusses, Aufstampfen des Obertheils. Hierauf wird das Obertheil abgehoben, die Einläufe angeschnitten, dann die vier Seitentheile, aus denen der Mittelkasten besteht, mit je dem zugehörigen Theile des Modells behutsam abgelöst, während das Untertheil mit dem Kerne stehen bleibt. Nun folgt Abheben der Modelltheile, Stäuben und Zusammensetzen der Gussform.

Werden bei irgend einer Gussform Kerne gebraucht, so legt man dieselben ein, nachdem alle Arbeiten vor dem letzten Zusammensetzen der Form beendet sind. Die Kernmarken geben die genaue Lage des Kerns an. Dennoch erfordert das Einlegen grosse Aufmerksamkeit, und die richtige Lage muss mit Zirkel oder Schablone geprüft werden. Lange dünne Kerne biegen sich durch den Auftrieb des Metalls wie auch durch ihr eigenes Gewicht und müssen deshalb eine unverrückbare Unterstützung erhalten. Diese Unterstützung wird durch sogenannte „Kernsteifen“ oder „Kernstützen“ bewirkt; man fertigt dieselben aus Blech, und zwar „doppelte“, Fig. 147, welche zwischen zwei Kerne oder auch zwischen Kern und Formwand sich einlagern und deren Höhe also gleich der Wandstärke des Gussstücks ist; oder „einfache“ mit langem Stifte, Fig. 148, dessen Ende in das Formkastenbrett eingeschlagen wird oder sich auf einen andern festen Gegenstand stützt und, da es aus dem Abgusse hervorragt, später abgefeilt wird. Auch starke Nägel dienen zur Unterstützung kleinerer Kerne. Bei Eisenguss, wo diese Kernsteifen am häufigsten gebraucht werden, verzinnt man sie, um eine Gasentwickelung zu vermeiden, welche die Folge der Berührung des kohlenstoffhaltigen Gusseisens mit dem Oxydhäutchen des Blechs ist; aber auch dieses Mittel schützt nicht immer vor Entstehung von Blasenräumen in der Nähe der Kernsteife.

Fig. 147.

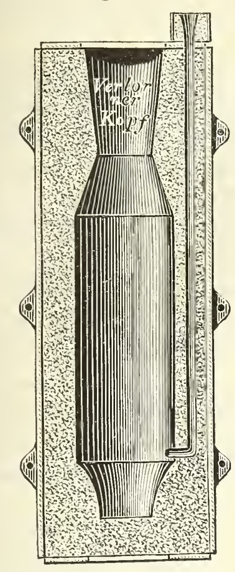
Fig. 148.

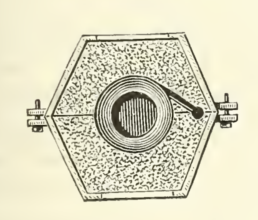


Von Wichtigkeit für das Gelingen des Gussstücks ist meistens die Wahl der Stelle, welche man dem Eingusse giebt. Einestheils muss der Einguss nach dem Gusse entfernt werden und pflegt an der Stelle, wo er gesessen hat, eine Narbe zu hinterlassen; folgenreicher für das Gelingen des Gusses ist noch der Umstand, dass da, wo der Einguss befindlich ist, das letzte flüssige Metall in die Form strömte und also dort auch die Erstarrung ihr Ende fand. Hierdurch wird die Schwindung des Metalls beeinflusst. In der Nähe des Eingusses pflegen sich Hohlräume zu bilden, welche den Guss undicht machen. Man bringt ihn daher an solchen Stellen an, wo solche Undichtigkeiten am wenigsten schaden. Auch die Richtung des Strahls des einfliessenden Metalls gegen die

Wände der Form ist ins Auge zu fassen. Meistens lässt man das Metall von oben in die Gussform hineinfallen, in einzelnen Fällen von unten aufsteigen, wie es schon bei der Herdformerei erwähnt wurde. Bei Walzen, welche eine reine, dichte Oberfläche erhalten sollen und in stehender Lage gegossen werden, führt man häufig das Metall unten in tangentialer Richtung in die Form Fig. 149. Man bezweckt dabei, durch die Centrifugalkraft des in wirbelnder Bewegung aufsteigenden Metalls das specifisch schwerere, reine Metall von seinen leichteren Verunreinigungen (wozu auch Gasblasen gehören) zu sondern, ersteres nach dem Umfange, letzteres nach der Achse der Gussform hinzudrängen.

Fig. 149.



Auch die Stärke des Eingusses ist von Wichtigkeit. Dieselbe muss derartig bemessen sein, dass der Einguss im Stande ist, der Gussform in genügender Geschwindigkeit das Metall zuzuführen, während er anderntheils nicht rascher das fliessende Metall durchlassen darf, als das Nachgiessen erfolgt, weil es besonders bei schwerschmelzigen Metallen eine Bedingung für das Gelingen des Gusses ist, dass der Einguss bis nach beendetem Gusse stets gefüllt bleibe. Man hat Eingüsse von 5 bis 200 Millimeter im Durchmesser. Der Flüssigkeitsgrad des Metalls spricht bei Bemessung des Eingussdurchmessers erheblich mit. Niemals aber darf man den Umstand aus den Augen verlieren, dass der Einguss nach dem Erkalten von dem Abgusse ohne Schwierigkeit getrennt werden muss, ohne dass letzterer beschädigt wird, und dass er also immer schwächer sein muss als die Metallstärke des Abgusses an der Berührungsstelle. Die Höhe des Eingusses richtet sich meistens nach der Höhe des Oberkastens, ist aber ebenfalls nicht ohne Einfluss auf das Gelingen des Gusses. Denn der Druck, welcher auf dem in der Gussform befindlichen flüssigen Metalle lastet, und welcher von diesem wiederum an die Wände der Gussform übertragen wird, rührt von der Höhe des Eingusses her und wächst mit dieser. Bei einer geschlossenen Form wirkt der Einguss wie das Pressrohr eines hydraulischen Presscylinders und pflanzt den Druck, welchen die flüssige Metallsäule oberhalb der Form ausübt, auf die Wände der letztern fort. Je höher also der Einguss ist, mit desto grösserm Drucke wird das flüssige Metall in alle Theile der Gussform getrieben, desto schärfer fällt im Allgemeinen der Abguss aus, desto mehr ist aber auch die Form dem Treiben ausgesetzt. Man pflegt deshalb den Einguss um so höher zu

machen, je mehr Werth auf Erzielung eines scharfen und dichten Gusses gelegt wird; und wenn die Höhe des Oberkastens nicht ausreicht oder der Abguss hoch in dem Oberkasten hinaufreicht, so erhöht man den Einguss auch wohl durch einen aufgesetzten kleinen Kasten (wie in Fig. 149).

Häufig muss man für einen Abguss mehrere Eingüsse an verschiedenen Stellen anbringen, wenn die Oberfläche des Gussstücks so bedeutend ist, dass ein einziger Einguss nicht ausreichend ist, die Gussform rasch genug zu füllen.

Giesst man cylindrische oder prismatische Körper in horizontaler Lage, so sammeln sich alle beim Gusse entstehenden festen oder gasförmigen Ausscheidungen in der Nähe der Scheitellinie auf der ganzen Länge des Abgusses und machen denselben dadurch völlig ungleichartig in seiner Dichtigkeit. Hierher gehören Säulen, Walzen, Röhren. Soll dieser Uebelstand vermieden werden, so muss der Körper, wie die Walze in Fig. 149, mit stehender Achse gegossen werden, wodurch die Ansammlung der fremden Körper auf einen kleinen Querschnitt concentrirt wird und sich nöthigenfalls in den verlorenen Kopf verlegen lässt; oder wenn dieser stehende Guss, wozu getrocknete Gussformen wegen des hohen Drucks in dem untern Theile unerlässlich sind, wegen grosser Länge der Abgüsse nicht gut ausführbar ist, so bringt man gern die Gussformen wenigstens in schräge Lage, um das Aufsteigen jener Körper nach einem einzigen Punkte zu erleichtern, und nennt diese Art des Gusses „halbstehenden Guss“.

Nur selten wendet man bei der Kastenformerei statt des Modells eine Schablone zur Herstellung der Gussform an. Dieser Fall kommt z. B. vor bei Rotationskörpern, insbesondere grossen Walzen für Walzwerke, für welche man die Kosten des Modells ersparen will, bisweilen auch bei Röhren von grossem Durchmesser. Als Formmaterial dient alsdann gewöhnlich Lehm. Die Schablone ist an einer Spindel befestigt, welche in einfachen, an den Stirnseiten des Formkastens befestigten Lagern ruht, so dass die Achse der Spindel genau mit der Achse des Formkastens zusammenfällt. Jede der beiden Hälften der Gussform wird für sich dargestellt, indem man das horizontal gelegte Formkastentheil zunächst mit Lehmziegeln ausfüttert, bis die rohen Umrisse der Gussform hergestellt sind, alsdann den Formlehm darauf bringt und nun mit der Schablone die genauen Umrisse ausdreht. Dann wird getrocknet, entstandene Risse ausgebessert, geschwärzt und abermals gelinde getrocknet. Wenn Alles fertig ist, werden beide Formkastenhälften zusammengesetzt und nach Erforderniss in senkrechte Stellung gebracht. Die in Fig. 149 auf Seite 155 gezeichnete Gussform einer Walze kann man sich in dieser Weise entstanden denken.

Mit der Kastenformerei ist die Anfertigung solcher Kerne verwandt, zu deren Herstellung ein Kernkasten benutzt wird. Das Arbeitsverfahren hierbei beruht im Wesentlichen auf einem Einstampfen des Form-

materials in den Kernkasten, welcher während desselben durch Schraubenzwingen zusammengehalten wird; Herausnehmen, Verputzen, Schwärzen und Trocknen.

Bei den Kernen pflegt grösste Durchlässigkeit des Materials unumgänglich zu sein; man bereitet sich daher häufig eigens hierzu besondere Mischungen, die sich ebensowohl durch Bindekraft als Durchlässigkeit auszeichnen, setzt auch in einzelnen Fällen zur Erhöhung dieser Eigenschaften Pferdedünger zu. Ausserdem sucht man durch fleissigen Gebrauch des Luftspiesses beim Einstampfen für eine ausreichende Ableitung der Gase und Dämpfe nach aussen zu sorgen. Nicht immer ist jedoch die Aufgabe, das Eintreten der Gase in die Gussform zu verhindern, eine ganz leichte und kann öfter nur durch besondere Kunstgriffe erreicht werden. Wenn z. B. die gebogene Form eines Kerns die Anwendung des Luftspiesses unmöglich macht, stellt man Luftcanäle her, indem man dünne Wachslichte beim Einformen einlegt, deren Enden aus den Enden des Kerns herausragen; beim Trocknen schmelzen dieselben und hinterlassen die durchgehenden Canäle (z. B. bei den S-Kernen für die Dampfcanäle der Dampfcylinder). In anderen Fällen genügt ein Einlegen von Strohseilen u. s. f.

## Freie Formerei.

Wir begreifen unter diesem Ausdrucke alle diejenigen Formmethoden, welche die Anfertigung von Gussformen ohne Formkasten, wohl aber mit Rüstungen aus Eisenstäben, Mauerwerk oder Gyps bezwecken. Sofern das üblichste Material hierfür der Lehm ist, pflegt man diese Art der Formerei in der Praxis mit dem Ausdrucke Lehmformerei zu bezeichnen, obgleich einestheils Lehm auch zur Kastenformerei bisweilen verwendet wird, wie wir gesehen haben, anderntheils statt des eigentlichen Lehms für diese freie Formerei mitunter auch Masse benutzt wird.

Man formt entweder nach einem Modelle oder in viel zahlreicheren Fällen nach Schablonen ohne Modell. Bei der Schablonenformerei ist Lehm das ausschliesslich benutzte Material.

Zu dieser Gattung der Formerei lässt sich auch die Anfertigung aller derjenigen Kerne zählen, welche durch Drehen oder Ziehen mit Schablonen ohne Hülfe eines Kernkastens hergestellt werden müssen. Auch für diese ist der Lehm das einzige benutzte Formmaterial.

Meistentheils sind diese freien Gussformen zerlegbar und bestehen, sofern die Anfertigung eines Hohlkörpers (Cylinder, Glocke, Statuen und verschiedene andere) der Zweck ist, aus einem innern Stücke, welches Kern genannt wird, und einem äussern Stücke, welches Mantel heisst. Nur bei dem Gusse grosser voller Körper, z. B. massiver Hammerchabotten, besteht die Gussform lediglich aus dem Mantel.

Die Anfertigung der Gussformen mit Kern kann im Wesentlichen in dreierlei Weise bewirkt werden.

Bei der ersten dieser drei Methoden fertigt man zuerst den Kern,

überzieht ihn mit einer trennenden Schicht aus dünner Schwärze, Asche oder dergleichen, um das Ankleben der folgenden Lehmschicht zu verhindern, und trägt zunächst auf demselben in Lehm eine Schicht von derjenigen Stärke auf, welche der Abguss bekommen soll. Dieser Ueberzug, welcher also genau die Form und Stärke des herzustellenden Gussstücks besitzt, heisst Hemde, Modell, oder Metalldicke. Das Hemde wird gleichfalls getrocknet und geschwärzt, über demselben der Mantel in Lehm gefertigt und wiederum getrocknet. Hierauf wird letzterer abgehoben, das Hemde zerschlagen, Kern und Mantel verputzt, zusammengesetzt und zum Giessen fertig gemacht.

In ähnlicher Weise wurde in früheren Zeiten der Statuenguss ausgeführt. Der Bildhauer modellirte, nachdem der Kern fertig gestellt war, das Hemde aus Wachs über den Kern, so dass letzterer mit dem Wachsüberzuge das eigentliche und einzige Modell bildete, formte nun über diesem Modelle den Mantel und entfernte dann, ohne die Form aus einander zu nehmen, das Wachshemde durch Erhitzen der ganzen Form, wobei es wegschmolz und den Hohlraum zur Aufnahme des Metalls zurückliess. Diese Anfertigungsmethode macht es erklärlich, dass in damaliger Zeit Bildhauer und Erzgiesser in einer Person vereinigt zu sein pflegten. Sie hatte jedoch den Uebelstand, dass es schwer war, dem Abgusse gleichmässige Wandstärken zu geben, unmöglich, Ausbesserungen der unzerlegbaren Gussform vorzunehmen und vor allen Dingen, dass bei einem Misslingen des Gusses auch die Arbeit des Bildhauers verloren war. Deshalb ist heut zu Tage dieses Verfahren, soweit es für Statuenformerei angewendet wurde, überall durch die unten beschriebene neuere Methode der Statuenformerei verdrängt worden.

Nach der zweiten der drei Methoden für freie Formerei stellt man Kern und Mantel einen jeden selbstständig für sich dar, indem man sich zu beiden besonderer Schablonen bedient, und setzt sie nach beendigter Herstellung zusammen. Die Arbeit, welche die Anfertigung des Hemdes verursacht, fällt hierbei weg; und die Anfertigung geht rascher von Statten, da die beiden Theile der Gussform — Kern und Mantel — gleichzeitig fertiggestellt werden können. Diese Methode ist sehr zweckmässig, wenn eine einfache Form des Abgusses die von einander unabhängige Anfertigung von Kern und Mantel gestattet; sie würde unzweckmässig für figürliche und ähnliche Gegenstände sein, zu deren Anfertigung die Schablone nicht ausreicht, sondern Modelle benutzt werden müssen.

Die dritte Methode der freien Formerei erfordert die Anwendung eines Modells und ist in jetziger Zeit die üblichste für den Guss grosser Statuen. Ueber das vom Bildhauer gelieferte, gewöhnlich in Gyps gefertigte Modell, fertigt man zunächst den Mantel der Gussform. Derselbe wird getrocknet, in geeigneten Stücken aus einander genommen, und das Modell entfernt. Nun kleidet man die Mantelstücke aus mit schmiegsamen Thonplatten von der Stärke, welche das Metall im Abgusse erhalten soll, setzt den Mantel sammt diesen Thonplatten aus seinen einzelnen

Stücken zusammen und giesst diese Gussform mit Kernmasse aus, so dass man auf solche Weise einen vollständig genauen Kern erhält. Der Mantel wird wieder auseinander genommen, die Thonplatten entfernt, das Ganze verputzt, zusammengesetzt und zum Gusse fertig gemacht.

Einige Beispiele werden die Einzelheiten der drei Verfahrungsweisen näher erläutern.

Fig. 150.

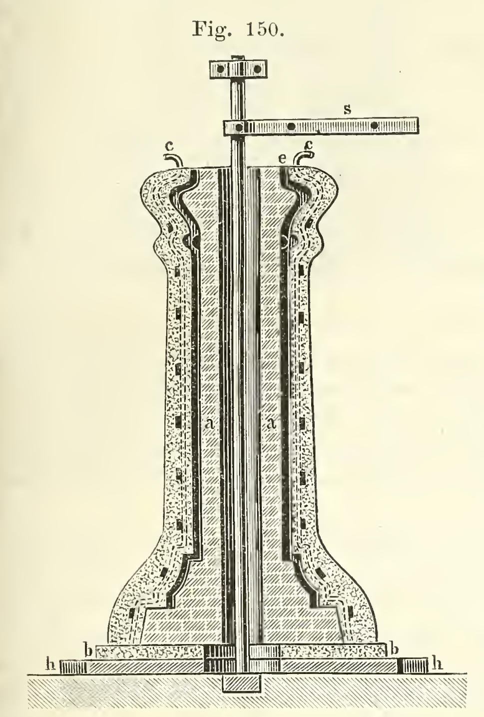
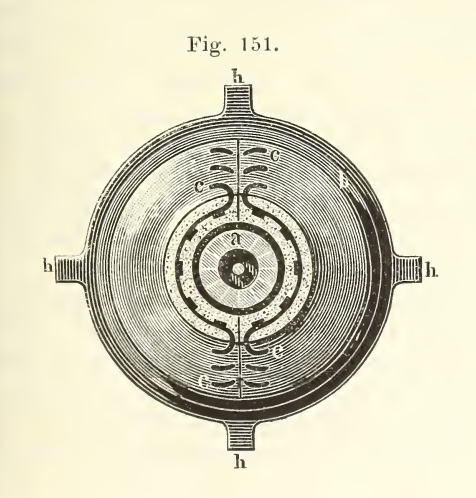



Fig. 151.




Ein einfaches Beispiel der ersten Methode bietet die Formerei eines gusseisernen Schornsteinaufsatzes, Fig. 150 und 151.

Auf einem gusseisernen Ringe, der zur Erleichterung des Transports der Gussform mit angegossenen Ansätzen *h h* versehen ist, wird mit Hülfe der Schablone, deren Gestalt aus Fig. 112, S. 135, ersichtlich ist, der Kern *a* aus Lehmziegeln aufgeführt, mit Lehm umkleidet, geschlichtet und getrocknet. Die Schablone ist hierbei am obern Ende in der „Scheere“ *s* befestigt und wird am untern Ende auf dem vorher glatt gedrehten Sockel *b* des Kerns geführt. Der Kern erhält oben und unten einen Ansatz, welcher den richtigen Anschluss des Mantels beim Zusammensetzen bewirken soll, also gewissermaassen die Kernmarke vertritt und „Schloss“ genannt wird. Der getrocknete Kern wird, nachdem entstandene Risse mit Lehm verstrichen worden sind, mit dünner Schwärze, Asche oder dergl. überzogen, die Schablone soviel ausgeschnitten, als die Wandstärke des Gussstücks beträgt, und das Hemde in Lehm aufgetragen. Es folgt ein aber-

maliges Trocknen, Ueberziehen des getrockneten Hemdes mit Asche etc., dann Auftragen einer dünnen Schicht magern, feinen Lehms mit starkem Zusatz von Pferdedünger. Die Schablone wird vorher abgenommen und das Auftragen erfolgt aus freier Hand. Auf diese untere Schicht Lehm kommt, nachdem sie oberflächlich getrocknet ist, eine obere Lage aus fetterm Lehm. Zwischen beide Lagen werden die Anker oder Eisen *cc* eingelegt, aus Verticalstäben bestehend, welche der Form des Schornsteins entsprechend gebogen sind, 100 bis 150 Mm. von einander entfernt und durch horizontal liegende Ringe verbunden. Jeder dieser horizontalen Ringe besteht aus zwei Hälften, deren Enden nach aussen umgebogen sind (wie im Grundrisse ersichtlich) zu dem Zwecke, den Mantel in zwei Hälften aus einander nehmen und später wieder durch Draht zusammenheften zu können, welcher um die umgebogenen Enden geschlungen wird. Um den Mantel heben und transportiren zu können, werden auch einige der senkrechten Stäbe mit vorstehenden Oesen versehen.

Die horizontalen Stäbe müssen so gelegt werden, dass die umgebogenen Enden senkrecht über einander liegen und zwischen denselben eine verticale Schnittfuge an jeder Seite angebracht werden kann. Man kratzt nun, um das Zerlegen des Mantels in zwei Hälften zu erleichtern, vor dem Trocknen den fetten Lehm zwischen den umgebogenen Enden heraus und verstreicht die dadurch entstehende senkrechte Fuge mit ganz magerm, sandreichem Lehm.

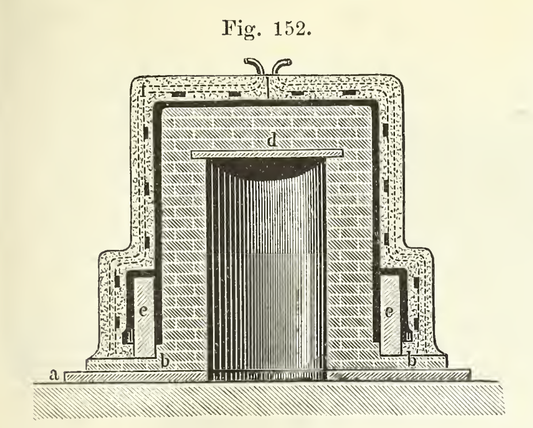
Nun wird getrocknet und der Mantel getheilt, indem man vorsichtig Holzkeile oder eine breite Messerklinge in die eben erwähnte Fuge eintreibt. Der Mantel wird auseinander genommen, bei Seite gestellt und zunächst das Hemde durch ein starkes Messer oder einen Meissel und Klopfen mit dem Hammer entfernt. Gewöhnlich fällt dasselbe in grossen Stücken ab, wenn erst einige Fugen entstanden sind. Es folgt das Verputzen des Kerns wie des Mantels durch Abscheuern mit Sandstein oder Bimsstein und Nachreiben mit feinem Lehm, dann das Schwärzen beider Theile mit der früher beschriebenen Schwärze und ein abermaliges Trocknen. Alsdann wird die Form zusammengesetzt und durch Draht zusammengebunden. Die Eingusstrichter *e* werden für sich gefertigt und an geeigneten Stellen angebracht, nachdem der Mantel an diesen Stellen mit einer entsprechend grossen Oeffnung versehen ist.

In ähnlicher Weise verfährt man bei Anfertigung einer Glockengussform. Der Mantel wird hierbei nicht getheilt, sondern kann ohne Weiteres vom Hemde abgehoben werden.

Dieselbe Methode lässt sich auch für solche Gussstücke anwenden, deren Kern nicht gedreht werden kann, sondern gezogen werden muss. Hierher gehören z. B. die Laming'schen Reinigungsgefässe der Gasanstalten, grosse viereckte Kasten mit angegossenem Boden und Wasserverschluss, deren Gussform in Fig. 152 abgebildet ist. Man mauert auf der rechtwinkligen gusseisernen Grundplatte *a* einen niedrigen Sockel *b*,

auf demselben den inwendig hohlen Kern aus Lehm- oder Ziegelsteinen auf, deckt ihn in entsprechender Höhe mit Eisenschienen *d* ab, welche die Decke des Kerns tragen, überzieht ihn mit Lehm und schlichtet mit der ringsherum geführten Schablone. Bei Kasten von grosser Länge giebt man dem Kerne einige durchlaufende Querwände, um dem Drucke beim Giessen Widerstand zu leisten. Nach dem Trocknen setzt man die für sich gefertigten Kerne *ee* für den Wasserverschluss ein, stellt, wie vorhin beschrieben, die Metalldicke her, ebenso den Mantel *f*. Alle übrigen Arbeiten gehen in der bereits beschriebenen Art und Weise vor sich. Der Kern wird vor dem Gusse mit Sand vollgestampft, zu welchem Zwecke man in der Decke desselben einige Oeffnungen lässt, welche nach dem Anfüllen mit Sand durch Lehm geschlossen werden. Ohne diese Vorsichtsmaassregel kann in dem hohlen Raume durch die Mischung der reichlichen Menge vorhandener Luft mit den zuströmenden brennbaren Gasen Knallgas entstehen, durch dessen plötzliche Entzündung Beschädigungen der Gussform hervorgerufen werden.

Fig. 152.



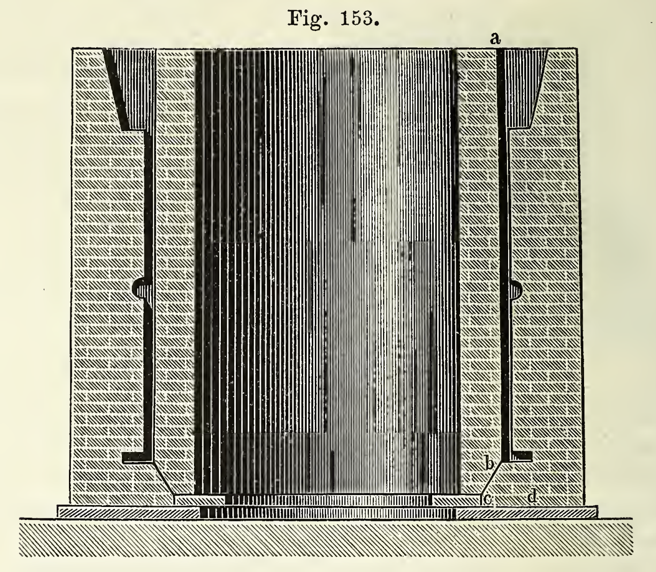

Verzierungen auf den Gussstücken, Inschriften, Ansätze u. s. w., welche mit Hülfe der Schablone sich nicht herstellen lassen, werden bei dieser Art der Formerei für sich in Wachs, Zinn, Holz modellirt und auf das Hemde an den betreffenden Stellen aufgesetzt, bevor der Mantel aufgetragen wird, so dass dieser auch die Abdrücke der aufgesetzten Modelle enthält. Wachs schmilzt schon beim Trocknen des Mantels weg, andere Modelle werden nach dem Losnehmen des Mantels entfernt.

Als Beispiel für die zweite Methode der freien Formerei kann die durch die Fig. 153 (a. f. S.) veranschaulichte Anfertigung eines Gebläsecylinders dienen. Für den Kern wird eine Schablone benutzt, welche auf der der Spindel zugekehrten Seite nach der Linie *abcd* profilirt ist; die Schablone zum Mantel hat die Profilirung am äussern Rande wie in Fig. 110 auf Seite 135. Der Kern wie der Mantel ruhen jeder auf einer besondern ringförmigen Grundplatte, werden beide aus Mauerwerk aufgeführt, mit Lehm geschlichtet, getrocknet, geschwärzt und in einander gestellt. Zur Führung dient das Schloss *bc*. Ansätze und Verzierungen, die sich mit der Schablone nicht ausprägen lassen, werden auch hier besonders modellirt und in den weichen Lehm eingedrückt, nachdem die betreffende Stelle mit Hülfe von Maassstab oder Zirkel

ermittelt worden ist. Alles Uebrige dürfte aus der Figur selbst ersichtlich sein.

Bei Gussformen von einfacher Gestalt, die sich durch rotirende Schablonen herstellen lassen, und deren Kern, wie in obigem Beispiele,

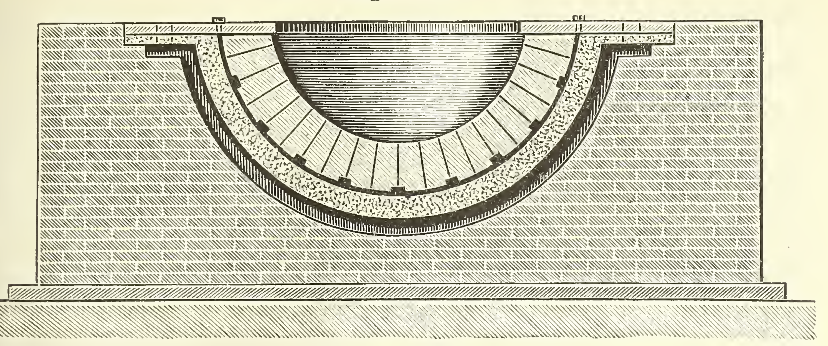
Fig. 153.




sich in den Mantel einsetzen lässt, ohne dass dieser getheilt zu werden braucht (was bei dem Schornsteinaufsatze, Fig. 150, nicht der Fall sein würde), gewährt diese Formmethode den Vortheil vor der zuerst beschriebenen, dass der Mantel stets genau kreisrund ausfällt, während der nur aus Lehm bestehende Mantel des erstbeschriebenen Verfahrens sich häufig etwas verzieht, besonders wenn er aus zwei Theilen besteht; bei cylindrischen Gegenständen, deren Mantel bei dem ersten Verfahren stets getheilt werden muss, um ihn vom Hemde abzuziehen, entsteht in Folge dieser Theilung eine unschöne Gussnaht auf dem Abgusse, welche bei der zweiten Methode wegfällt. Ebenso kommt dieses Verfahren mit Recht mehr und mehr in Aufnahme bei Herstellung von Kesseln, Pfannen und ähnlich gestalteten Gussgegenständen. Da bei derartigen Apparaten der Boden der Zerstörung am meisten ausgesetzt zu sein pflegt, so stellt man die Gussformen gern in einer Weise her, dass derselbe zu unterst gegossen wird, um ihm durch diesen Kunstgriff die grösstmöglichste Dichtigkeit und Widerstandsfähigkeit zu verleihen. Der Kern der Gussform muss demnach von oben in den concaven Mantel eingehängt werden. Letzterer wird, wie aus Fig. 154 ersichtlich ist, aus Lehm, Ziegel- oder Chamottesteinen gemauert, innen mit Lehm bekleidet und mit der Schablone ausgedreht. Der Kern hängt an einem gusseisernen Ringe, welcher mit einer aus Eisenstäben bestehenden korbartigen Rüstung versehen ist, die dem Kerne den nöthigen Halt giebt. Man ist dadurch in Stand

gesetzt, den Kern in stehender Lage aufzudrehen, was jedenfalls die Anfertigung erleichtert, und braucht ihn erst nach dem Trocknen zu wenden,

Fig. 154.



um ihn einzuhängen. Der Mantel bedarf nach dem Gusse gewöhnlich nur eines erneuerten Lehmüberzuges, um für einen zweiten Guss brauchbar zu sein; dadurch ist dieses Verfahren für eine grössere Anzahl gleicher Abgüsse erheblich billiger ausführbar als das ältere, bei welchem Kern, Hemde und Mantel über einander hergestellt und der Boden dieser Anfertigung entsprechend zu oberst gegossen wurde.

Weniger zweckmässig würde diese Formmethode in allen denjenigen Fällen sein, wo der Mantel ohnehin aus zwei Theilen zusammengesetzt werden müsste, um ihn über den Kern zu bringen, also bei allen Gegenständen, welche an den Enden schwächern Durchmesser besitzen als in der Mitte.

Für die dritte Formmethode giebt die Herstellung der Gussform für eine grosse Statue ein Beispiel.

Von dem Gypsmodelle der Statue trennt man zunächst einzelne stark vorstehende Theile ab, z. B. den Schweif eines Pferdes, Beine, sofern sie nicht zum Tragen dienen, den Kopf u. a. m., formt dieselben für sich und setzt sie später mit dem Rumpfe zusammen. Alsdann stellt man den übrig gebliebenen Theil des Modells auf eine Kernunterlage, die gewöhnlich aus einem gemauerten Sockel besteht. Auf dem Modelle zeichnet der Giessermeister mit Kohle die Abmessungen der einzelnen Kernstücke vor, aus denen der Mantel bestehen muss, um ihn vom Modelle lösen zu können, und die Arbeiter beginnen dann, von unten anfangend, die Arbeit des Ummantelns des Modells aus freier Hand. Die Kernstücke werden aus feinstem magern Lehm oder Masse gebildet. Die Seiten- und Rückflächen derselben werden mit feingesiebter Asche oder mit Hexenmehl (Semen lycopodii) bestreut, damit sie unter einander und an der später darüber gebrachten Schicht nicht haften. Das Formen dieser Kernstücke kann von einer oder von mehreren Stellen aus gleichzeitig geschehen, indem fortschreitend Stück an Stück angeformt wird. Die Grösse der Stücke hängt von der Gestalt des Modells ab und ist durch-

schnittlich 100 bis 200 Mm. lang und breit, 30 bis 40 Mm. stark. Sobald ein Stück fertig ist, wird es, wenn man Lehm anwendete, durch Anhalten von Kohlenpfannen leicht getrocknet. Um das Abfallen der einzelnen Stücke zu verhüten, befestigt man sie mit feinen Drahtstiften am Modelle. Auf diese Kernstücke kommt nun eine zweite Lage aus fetterem Lehm oder Masse, jedoch in so grossen Stücken, dass eine grössere Anzahl der inneren Kernstücke zusammen durch ein einziges äusseres Stück gedeckt wird, während die seitlichen Umrisse des äussern Stücks genau mit den Begrenzungen des Complexes der gedeckten inneren Stücke zusammenfallen. Ein solches äusseres Stück pflegt durchschnittlich 700 Mm. bis 1000 Mm. lang und breit zu sein. Die Seitenflächen dieser grösseren Stücke werden wieder gepudert, die nach aussen gerichteten Flächen dagegen nicht und man bringt auf diese letzteren nun unmittelbar einen Gypsmantel, 400 bis 700 Mm. stark, in Stücken von genau derselben Grösse wie die Stücke der darunter liegenden zweiten Lehm- oder Masseschicht. Der Gyps wird zu diesem Zwecke mit Wasser angerührt, in Form eines dünnen Breies schichtenweise aufgetragen, und die seitlichen Flächen während des Erstarrens glatt gestrichen. Erst wenn ein Stück fest geworden ist, wird das daneben liegende geformt. Je zwei an einander liegende Stücke greifen mit Nuthen zusammen und werden mit Nummern sorgfältig gezeichnet. In den Gypsmantel werden nach aussen stehende Eisen eingegossen, welche theils zum Abnehmen und Transportiren des Mantels, hauptsächlich aber für die spätere Verankerung dienen. Die Theile des Gypsmantels bilden nun mit den darunter liegenden Theilen der zweiten Schicht zusammenhängende Stücke und werden, wenn Alles soweit fertig und fest geworden ist, behutsam nach und nach mit diesen zusammen von den auf dem Modelle liegen bleibenden Kernstücken abgenommen und bei Seite gelegt. Erst dann schreitet man dazu, auch diese eins nach dem andern mit Hülfe der Kerngabel abzunehmen. Jedes Kernstück wird nach dem Losnehmen wieder auf die betreffende Stelle des Mantelstücks gelegt; wenn alle zusammengehörigen Kernstücke eines Mantelstücks beisammen sind, werden sie mit Drahstiften an dieses angeheftet und nun verputzt. Vorher schneidet man aber auf der Innenfläche der Mantelstücke (also zwischen den beiden Lehmschichten) die aufsteigenden Canäle für das Entweichen der Luft und das Zuströmen des Metalls an und versieht die Kernstücke mit den entsprechenden nach innen laufenden Mündungen für die ausströmende Luft und das einfliessende Metall. Die ganze Gussform wird auf diese Weise mit einem vollständigen Systeme von Eingüssen und Luftcanälen umgeben.

Man troknet nun die Mantelstücke bei gelinder Wärme, entfernt inzwischen das Modell und stellt an Stelle desselben ein Kerngerippe aus starken Eisenstäben auf. Nun legt man Platten aus feuchtem, bildsamem Thone von der Stärke, die der Abguss erhalten soll, in die Kernstücke ein und drückt sie mit der Hand oder mit starken Borstenpinseln in alle vertieften Stellen der Form fest ein. Wenn dieses geschehen ist, setzt

man den Mantel um das fertig aufgestellte Eisengerippe zusammen, sorgfältig prüfend, ob letzteres die richtigen Abmessungen erhalten hat.

Es folgt nun das Eingiessen der Kernmasse durch eine zu oberst befindliche Oeffnung des Mantels, bei einer Reiterstatue z. B. durch den Rumpf des Reiters, von welchem der Kopf getrennt war. Die Kernmasse besteht aus einem Gemenge von Gyps mit Ziegelmehl oder Formsand, mit Pferdemist oder Kuhhaaren vermischt und mit Wasser zu einem langsam fliessenden Breie angerührt. Diese Masse, welche rasch erstarrt, wird bei grossen Statuen in einzelnen Portionen angefertigt und eingegossen.

Nach einigen Stunden kann man den Mantel abnehmen, die Thonplatten loslösen und die schadhaften Stellen des Mantels ausbessern, worauf derselbe nochmals getrocknet wird. Der Kern wird scharf getrocknet und ausgebessert, dann der Mantel wieder um den Kern zusammengestellt, verankert und die ganze Form zum Gusse fertig gemacht.

Das über die Grösse und Stellung der Eingüsse, über die Anwendung eines verlornen Kopfes und der Windpfeifen bei Besprechung der Kastenformerei Gesagte gilt in gleichem Maasse auch von der freien Formerei. Windpfeifen sind bei jedem grössern Abgusse um so nothwendiger, da der fast immer benutzte Lehm ein ziemlich undurchlässiges Material bildet, ein Entweichen der eingeschlossenen Luft durch das Formmaterial also nur in sehr geringem Maasse stattfindet.

Die freie Formerei ist der Kastenformerei gegenüber im Allgemeinen kostspieliger, erfordert geübte, umsichtige Arbeiter und die dafür gezahlten Löhne pflegen das Doppelte bis Dreifache der für Herstellung gleicher Abgüsse durch Kastenformerei gezahlten Löhne zu betragen. Dennoch giebt es zwei Gründe, welche die Anwendung dieser Formerei für viele Fälle vortheilhaft, wenn nicht unerlässlich erscheinen lassen können und derselben Eingang in allen grösseren Giessereien verschafft haben. Dieses sind

1) die in vielen Fällen gegebene Möglichkeit, ohne eigentliches Modell, nur mit Hülfe der einfachsten formgebenden Apparate, die Gussform herzustellen. Je weniger Abgüsse von gleicher Form verlangt werden, desto schwerer fallen die Kosten des Modells für den einzelnen Abguss ins Gewicht, um so mehr Veranlassung ist also gegeben, ohne Modell die Gussform herzustellen;

2) der oft vorliegende Mangel eines passenden Formkastens und die höheren Anfertigungskosten eines solchen gegenüber den Mehrkosten der freien Formerei; bei grossen Gussstücken, z. B. Statuen, Gebläse- und Dampfcylindern u. s. w. aber auch die mit dem Umfange der Gussform wachsende Schwierigkeit, sie zu bewegen, aus einander zu nehmen und wieder zusammen zu setzen, welche Arbeiten sich bei dem leichtern Gewichte der frei gefertigten Gussformen und der grössern Zerlegbarkeit derselben weit weniger umständlich ausführen lassen, als es bei Anwendung ungeheurer Formkasten möglich sein würde.

Einen vielfach geübten Zweig dieser Formerei bildet schliesslich die Anfertigung gedrehter oder gezogener Lehmkerne.

Diese Lehmkerne sind hohl, und man gebraucht sie überall da, wo entweder ein im Kernkasten gefertigter massiver Kern zu schwer ausfallen würde, oder wo die Anfertigung des Kernkastens erspart werden soll, oder endlich, wo der Kern eine solche Form besitzt, dass die Herstellung in genau vorgeschriebenen Abmessungen durch Drehen leichter zu bewerkstelligen ist, als durch Einstampfen in einen Kernkasten. Zu letzterer Gattung gehören alle grösseren Kerne mit kreisrunden Querschnitten und gerader Achse.

Zum Drehen eines Kerns ist eine starre Kernspindel von der früher beschriebenen Construction erforderlich. Dieselbe ruht mit ihren Enden in den Lagern der Kerndrehbank, vor der Spindel liegt in horizontaler Lage die Schablone. Auf der Bank sind Marken angebracht — eingeschlagene Stifte oder dergleichen —, welche die Lage der Schablone für einen bestimmten Durchmesser des Kerns angeben.

Zunächst wird die Kernspindel mit Strohseilen umwickelt. Je grösser der Kern im Durchmesser ist, desto sorgfältiger muss diese Umwickelung geschehen. Meistens genügt eine einmalige Umwickelung, und nur, wenn der Durchmesser der Spindel etwas klein im Verhältnisse zu dem des Kerns ist, giebt man eine doppelte oder dreifache Umwickelung. Dieses Umwickeln der Spindeln mit Stroh hat einen zweifachen Zweck. Erstens würde der Lehm, unmittelbar auf die Spindel aufgetragen, schlecht haften und vor allen Dingen sämmtliche Abzugsöffnungen und Canäle für die Gase verschmieren; diese würden statt durch die Spindel durch den Kern und die Gussform entweichen müssen, den Kern beschädigen und das Gelingen des Gusses vereiteln. Ein anderer Zweck ist der, durch das elastische und in der Wärme rasch schwindende und verkohlende Material der Zusammenziehung des Abgusses beim Erkalten Rechnung zu tragen. Ein Abguss über einer durchaus unnachgiebigen Spindel würde Gefahr laufen, beim Schwinden zu zerreissen; und wenn auch im günstigsten Falle nicht gerade ein Zerreissen eintrete, so würde der Abguss doch so fest sich um die Spindel zusammenziehen, dass eine Entfernung derselben aus dem Abgusse, ohne ihn zu zertrümmern, unmöglich sein würde.

Das Umwickeln der Spindel geschieht, indem ein Arbeiter mit der über das eine Ende der Spindel gesteckten Kurbel dieselbe dreht, während ein anderer das Strohseil, nachdem es mit einem Ende an der Spindel befestigt ist, sich auf dieselbe aufwickeln lässt. Bei kleinen Kernen benutzt man statt der gesponnenen Strohseile lange Strohhalme oder auch Heu, bei sehr kleinen Werg.

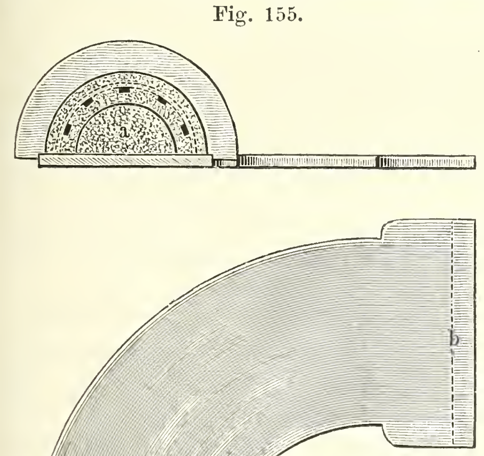
Die mit Stroh bekleidete Spindel pflegt man nun mit Thon- oder Lehmwasser zu bestreichen und dann die erste Schicht Lehm mit der Hand aufzutragen, während die Spindel langsam gedreht wird. Zu dieser untern Schicht benutzt man gewöhnlich der bessern Haltbarkeit

wegen einen fettern Lehm, während die obere Schicht des Kerns aus sandreicherm, durchlässigerm Lehme gebildet werden muss. Ist der Durchmesser der Kernspindel gross genug und der Lehm hinreichend fest, so genügt eine totale Lehmstärke von 15 bis 20 Mm. auch für grössere Kerne, für kleine reicht oft schon 5 Mm. Stärke aus, und man trägt diese ganze Lehmschicht in einmaliger Arbeit unter stetem Drehen der Spindel und Abschlichten mit der Schablone nach einander auf; ist die Lehmstärke bedeutender, so trägt man zunächst eine untere Schicht auf, trocknet und bringt dann erst eine zweite Schicht auf die erste, wobei der Kern nun den erforderlichen Durchmesser erhält. Der getrocknete Kern wird mit der Schablone nochmals geschlichtet, der Durchmesser geprüft und nöthigenfalls berichtigt, entstandene Risse ausgebessert, mit Sandstein und Wasser abgescheuert, dann geschwärzt und nochmals getrocknet. Derselbe ist nunmehr zum Einsetzen in die Gussform fertig.

Soll der gedrehte Kern Längsfurchen erhalten, um dem Abgusse Rippen zu geben, so lassen sich dieselben durch Einlegen entsprechend geformter Holzmodelle in die Lehmbekleidung des Kerns herstellen. Ebenso lassen sich Knaggen, Wülste und andere Ansätze bilden.

Gezogene Kerne stellt man stets aus zwei Hälften dar, deren Schnittfläche durch die Achse des Kerns geht, und heftet diese Hälften mit Draht oder dünnem Bandeisen zusammen. Als Führung für die Schablone dient das „Ziehbrett", in Eisen auf dem Herde gegossen, und es ist demnach für jede Hälfte des Kerns ein besonderes Ziehbrett erforderlich. Die Schablone steht senkrecht gegen die Achsenrichtung (die Leitlinie) des Ziehbretts und wird längs dieser fortbewegt.

Fig. 155.




Da der Kern hohl werden soll, bildet man auf dem horizontal liegenden Ziehbrette aus Sand mit freier Hand zunächst einen sogenannten verlornen Kern *a*, Fig. 155, einen Kern im Kerne. Auf diesen trägt man eine Schicht fetten Lehm auf, darüber eine Schicht magern, feinen Lehm und zieht mit der Schablone den Kern glatt. Zur Erhaltung der nöthigen Steifigkeit des Kerns legt man eine Anzahl entsprechend geformter Kerneisen in der Längenrichtung wie in der Querrichtung ein. Bei grossen Kernen trocknet

man, nachdem die erste Lehmschicht gegeben ist, und trägt dann erst die zweite auf; kleine Kerne werden in einem Male getrocknet. Nach dem Trocknen wird der Kern ausgebessert, wozu man sich einer Raspel und des Messers bedient, vom Ziehbrette und dem Standkerne abgenommen, und die Abmessungen mit denjenigen des Modells verglichen, was am zweckmässigsten durch Auflegen der Kernhälfte mit der innern Seite auf die innere Seite der Modellhälfte geschieht. Hat man sich von dem Passen des Kerns überzeugt, so legt man beide Hälften zusammen, prüft mit dem Zirkel die Abmessungen des nun vollständigen Querschnitts, heftet die Hälften mit Bindedraht an einander, verstreicht die Fugen mit Lehm, schwärzt und trocknet nochmals gelinde.

Kommen in einem und demselben Kerne verschiedenartige Querschnitte vor, wie z. B. in Fig. 155 der Querschnitt *b* für die Muffe des Krümmers, so benutzt man für jeden dieser Querschnitte eine besondere Schablone und stellt die Uebergänge aus einem in den andern Querschnitt aus freier Hand her.

Seitliche Ansätze an die Kerne, z. B. Stutzen bei Leitungsröhren, werden für sich geformt und angesetzt. Ist der Stutzen kreisrund und geradachsig, so kann man ihn auf einer Spindel drehen, dann von dieser abziehen und die Durchdringungslinie mit dem Hauptkern durch Feilen und Raspeln unter stetem Anpassen ausarbeiten. Die beiden sorgfältig zusammengepassten Kerne werden erst in der Gussform zusammengesetzt und mit kleinen Drahtstiften an einander verbunden.

Da sich im Innern hohler Kerne leicht explosive Gasgemische bilden, so darf man die schon früher erwähnte Vorsichtsmaassregel niemals ausser Acht lassen, die Kerne vor dem Gusse mit irgend einem porösen Materiale anzufüllen, durch welches der grösste Theil der atmosphärischen Luft aus dem Kerne verdrängt und eine Mischung der noch verbleibenden Luft mit dem eintretenden brennbaren Gase erschwert wird. Bei stehenden Kernen, welche am untern Ende aufruhen, ist das geeignetste Material hierfür ein magerer, scharfkantiger Formsand; bei liegenden Kernen von grossem Durchmesser, deren Gewicht nicht allzu sehr vergrössert werden darf, um nicht eine Durchbiegung herbeizuführen, kann man Holzkohlen- odes Kokeslösche, Asche oder dergleichen zum Füllen des Kerns benutzen.

Kerne, welche auf einer gusseisernen Spindel befindlich sind, bedürfen dieser Vorsichtsmaassregel nicht oder nur, wenn ihr Durchmesser ein sehr grosser ist, da die Gewalt der Explosion selten so gross ist, dass die Spindel beschädigt werden könnte. Auch ist die Gefahr geringer bei stehenden, unten offenen Kernen, z. B. bei Röhrenguss, in welchen in Folge des Aufsteigens der erwärmten Luft bald ein lebhafter Luftwechsel stattfindet, als bei liegenden Kernen, in denen dieser Luftwechsel erschwert ist.

---

Vorstehend gegebene Beispiele für die verschiedenen Arbeitsverfahren der Formerei dürften in Vereinigung mit den über Einrichtung der Modelle gegebenen Erläuterungen ausreichend sein, ein einigermaassen anschauliches Bild von dem zur Herstellung von Gussformen aus bildsamem Materiale im Allgemeinen benutzten Verfahren zu geben. Abweichungen in den Einzelheiten, theils als unwesentlich durch die Gewohnheit gerechtfertigt, theils durch besondere Eigenthümlichkeiten der Abgüsse nothwendig gemacht, sind zahlreich. Verfasser glaubte jedoch, sich in der Beschreibung auf die einfacheren Fälle des Betriebes beschränken zu sollen; denn für den Laien dürfte eine noch so sorgfältige Beschreibung eines verwickelteren Falles nicht genügen, ihm ohne eigene Anschauung ein völlig klares Bild von den Vorgängen der Formerei zu geben; für den Fachmann aber, dessen eigenem Nachdenken das Verfahren in besonderen Fällen entspringen soll, oder der wenigstens Gelegenheit hat, durch eigene Beobachtung zu lernen, haben solche Beschreibungen erst recht wenigen Werth. Formereimethoden aber, welche zu massenhafter Darstellung einzelner Specialartikel, z. B. Muffenröhren, besondere Ausbildung erfahren haben, werden im zweiten Theile dieses Buches, der speciellen Technologie, einer Besprechung unterliegen. Es möge daher genügen, für jetzt noch auf die empfehlenswertheste Literatur über diesen Gegenstand hinzuweisen.

Karsten, Eisenhüttenkunde, 3. Auflage, Berlin 1843, Bd. III, S. 398 bis 503.

Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, Leipzig 1875, Bd. II, S. 538 bis 611.

Abbas, Metallgiesserei, Weimar 1875, S. 26 u. ff.

Karmarsch, Mechanische Technologie, Hannover 1875, Bd. I, S. 74 u. ff.

---

## F. Das Trocknen der Gussformen und Kerne.

In dem Vorhergehenden wurde bereits mehrfach erwähnt, dass alle Gussformen und Kerne, sofern sie nicht aus durchlässigem Formsande hergestellt sind, vor dem Gusse einer Trocknung bedürfen, damit das ihnen zur Verleihung der Bildsamkeit beigemengte Wasser ganz oder theilweise verflüchtigt werde. Die Trocknung muss um so vollständiger sein, je undurchlässiger das Material und je höher die Temperatur des eingegossenen Metalls ist.

In solchen Fällen, wo ein Transport der Gussform oder des Kerns nicht zulässig ist, dient meistens ein Feuer aus Holz, Holzkohlen oder Koks zum Trocknen, welches in unmittelbarer Nähe der Gussform (des

Kerns) unterhalten wird. Ist der Körper hohl mit grösserm Durchmesser und von oben her zugänglich, so bilden Körbe aus Flacheisenstäben zusammengenietet, die mit glühenden Koks oder Holzkohlen gefüllt und von oben eingehangen werden, einen geeigneten Apparat, um von innen die Trocknung auszuführen. In manchen Fällen werden diese Körbe besser durch transportable kleine Oefen ersetzt, welche oben offen, unten mit Rost versehen sind und mit Koks oder unter Umständen auch mit flammendem Brennmaterial geheizt werden.

In Königin-Marienhütte zu Cainsdorf bei Zwickau benutzt man Gase zum Trocknen der Röhrengussformen, welche in Generatoren mit Unterwind (Körting'sches Dampfstrahlgebläse) erzeugt, in Leitungen bis in die Gussform geführt und dort verbrannt werden. Diese Methode hat den Vortheil, dass auch geringwerthiges Brennmaterial (Abfälle von Koks, Braunkohlen u. dergl.) Verwendung finden kann, sie hat den Nachtheil, dass die Benutzung des Gases an eine bestimmte Oertlichkeit gebunden und die Anlage kostspieliger ist, als die Anschaffung kleiner Oefen.

In der grossen Röhrengiesserei zu Marquise bei Boulogne benutzt man zu demselben Zwecke erhitzte Gebläseluft. Heisse trockne Luft hat ein grösseres Sättigungsbestreben für Wasserdampf als die mit Wasserdampf bereits mehr oder weniger gesättigten Verbrennungsproducte der directen oder Gasfeuerung und wird deshalb den Trocknungsprocess gewiss in kürzester Zeit ausführen; die Erzeugung erhitzter Gebläseluft ist aber sehr kostspielig und mit mancherlei Uebelständen verknüpft, wenn man nicht, wie es in Marquise der Fall sein soll, dieselbe mit der für die Hochöfen bestimmten heissen Gebläseluft darstellen und von dieser abzweigen kann. Denn ganz abgesehen von den directen Ausgaben für den Betrieb des Gebläses, Erhitzung der Apparate u. s. f. giebt es keinen Winderhitzungsapparat, welcher die periodenweise Erhitzung und Abkühlung, wie sie für den Betrieb einer Giesserei unvermeidlich ist, ertrüge, ohne fortwährender Reparaturen und Ergänzungen zu bedürfen.

Bei allen Gussformen und Kernen, welche sich ohne Schwierigkeit transportiren lassen, bildet die Trockenkammer den zweckmässigsten Apparat zur Durchführung der Trocknung.

Dieselbe besteht aus einem geschlossenen Raume aus Mauerwerk aufgeführt, mit einer Thür zum Ein- und Ausbringen der zu trocknenden Gegenstände und mit einer Feuerungsanlage zur Entwickelung der für den Trocknungsprocess nöthigen Wärme.

Der Grundriss der Trockenkammern pflegt rechteckig oder quadratisch zu sein, die Grösse dieser Grundfläche sowie die Höhe der Kammer abhängig von der Anzahl und der Grösse der zu trocknenden Gegenstände. Man hat Trockenkammern von 1 bis 50 Quadratmeter Grundfläche. In sehr kleinen Trockenkammern sind die Wärmeverluste durch Ausstrahlung u. s. w. relativ höher; für sehr grosse liegt die Gefahr nahe, dass ihr räum-

licher Inhalt nicht immer voll ausgenutzt werden könne, während doch die zu ihrer Erwärmung erforderliche grössere Brennstoffmenge auch bei geringerer Ausnutzung des vorhandenen Raums annähernd dieselbe bleiben muss. Deshalb pflegt man den meisten Trockenkammern der Giessereien eine Grundfläche mittlerer Grösse (15 bis 30 Quadratmeter) zu geben und nur für besondere Zwecke eine einzige grosse (für Lehmgussformen) und häufig auch eine ganz kleine Trockenkammer (für kleine Kerne) anzulegen. Die Höhe der Trockenkammern lässt man nicht gern unter Mannshöhe betragen, um nicht das Ein- und Ausbringen zu erschweren.

Die Lage der Trockenkammer sei eine geschützte. Je grösser der Unterschied in den Wärmegraden innerhalb und ausserhalb der Kammer ist, desto grösser ist die Wärmetransmission, desto reichlicher sind die Wärmeverluste. Deshalb ist es entschieden fehlerhaft, einzelne Wände der Trockenkammer ins Freie zu legen und den Wärme entziehenden Einflüssen der winterlichen Kälte, des Windes, Regen und Schnees preiszugeben.

Die Wände der Trockenkammer werden aus Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk aufgeführt. Um allzu grosse Verluste durch Wärmetransmission zu vermeiden, dürfen dieselben nicht zu schwach, mindestens 250 Mm. stark sein; liegen mehrere Trockenkammern in einer Reihe neben einander, so können die Scheidewände zwischen je zwei Kammern schwächer gehalten werden. Nicht selten hat man mit gutem Erfolge auch doppelte Wände mit einer Luftschicht dazwischen in Anwendung gebracht. Die dicken Umfassungswände der Trockenkammern nehmen allerdings bei ihrer verhältnissmässig grossen specifischen Wärme beim Anheizen der Kammer ein ziemliches Theil Wärme auf, dienen dann aber gleichsam als Wärmespeicher und geben allmälig ihre aufgenommene Wärme wieder an die Kammer ab, wenn die Feuerung unterbrochen wird, so dass längere Zeit hindurch eine gleichmässige Temperatur in der geschlossenen Kammer herrscht. Hieraus folgt aber die Regel, dass man, je dicker die Wände der Kammer sind, zur Ersparung an Brennstoff erstens um so früher, nachdem die erforderliche Temperatur erreicht ist, die Feuerung einstellen, und zweitens um so mehr Bedacht auf eine ununterbrochene Benutzung der Kammer nehmen soll; denn je länger sie leer und ungeheizt steht, desto mehr der aufgenommenen Wärme geht verloren und desto mehr Brennstoff muss später verbraucht werden, um diese von den dicken Wänden inzwischen abgegebene Wärme zu ersetzen.

Die Decke der Trockenkammer besteht meistens aus einem gemauerten flachen Gewölbe, dessen Achse in der Längenrichtung der Kammer liegt und dessen Widerlager demnach von den Seitenwänden der Kammer gebildet werden. Kammern von grosser Breite dagegen überspannt man wohl, um nicht zu schwerfällige und hohe Gewölbe zu bekommen, statt dieses einzigen Gewölbes mit einer grössern Anzahl kleinerer querlaufender Bögen und benutzt eiserne Balken — gewöhnlich alte Eisen-

bahnschienen —, deren Enden auf den Seitenwänden der Kammer ruhen, zum Tragen dieser Gewölbe. Eine solide Verankerung der Kammern durch schmiedeeiserne Anker ist in allen Fällen unerlässlich, um dem Gewölbeschub und den Einflüssen der Ausdehnung beim Erwärmen Rechnung zu tragen.

Weniger häufig benutzt man eiserne Platten zum Abdecken der Kammern. Eine solche Einrichtung kann alsdann Begründung haben, wenn die Platten zum Wegnehmen eingerichtet sind und man die Absicht hat, mit Hülfe eines höher befindlichen Krahns — meistens Brückenkrahns — von oben her Arbeiten in der Kammer selbst vornehmen zu lassen, wie es bei Anfertigung grosser Lehmgussformen zweckmässig sein kann. Während des Heizens sollten jedoch in solchen Fällen die eisernen Platten stets mit einem schlechten Wärmeleiter bedeckt gehalten werden, um die reichliche Wärmetransmission abzuschwächen.

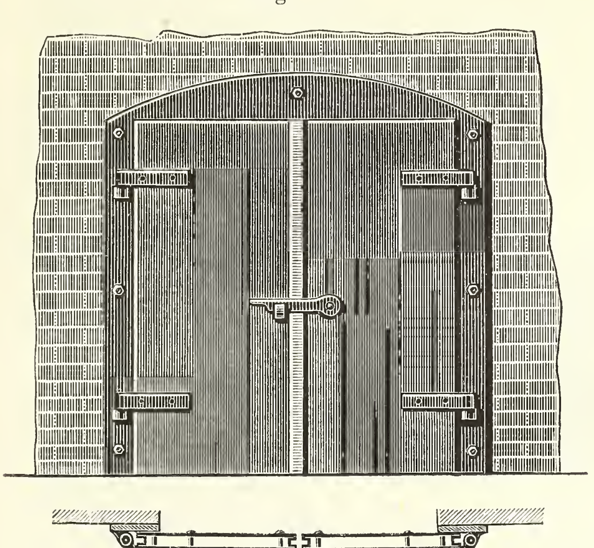
Die Thür der Kammer besteht aus Gusseisen oder Eisenblech und befindet sich meistens an der einen Stirnseite der Kammer, fast die ganze Breite und Höhe derselben einnehmend, um das Hineinschaffen grösserer Gegenstände zu ermöglichen. Nur bei Kammern, welche ausschliesslich zum Trocknen kleiner Kerne oder Gussformen bestimmt sind, macht man die Thür schmaler und legt sie nach Maassgabe der Oertlichkeit in eine der langen oder der breiten Seiten. Gewöhnlich sind die Thüren doppelflügelig, drehen sich in eisernen Angeln, welche an einem starken, gusseisernen, an der Trockenkammer durch Ankerschrauben befestigten Thürrahmen befindlich sind, öffnen sich nach aussen und werden durch Riegel und Klinke verschlossen. Will man das Beengen des Platzes vor der Trockenkammer vermeiden, so wendet man Schiebethüren an, die sich meistens senkrecht auf und nieder bewegen lassen. Sie hängen an einer starken, über eine feste Rolle geführten Kette, deren anderes Ende mit einem Gegengewichte versehen ist, um das Gewicht der Thür auszugleichen. Es ist beim Aufziehen alsdann nur die Reibung zu überwinden und die Thür bleibt in jeder Stellung schwebend. Die Thüröffnung der Kammern muss auch bei derartigen Thüren durch einen eisernen Rahmen mit Führungsleisten vor Beschädigungen des Mauerwerks geschützt sein. Durch Vorreiber, die am Rahmen angebracht sind, kann man ein dichtes Anlegen der Thür bewirken.

Bei der grossen Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens und der geringen Wandstärke der verhältnissmässig grossen Thüren geht ein beträchtlicher Theil Wärme durch Transmission verloren. Wie bei einem Stubenofen findet in unmittelbarer Nähe der Thür ein ununterbrochener Luftwechsel statt, indem die kälteren Luftschichten sich erwärmen, aufsteigen und frischen Schichten Platz machen. Es ist leicht zu ermessen, welche erhebliche Menge Brennmaterial erforderlich sein wird, um diesen Wärmeverlust zu decken. Recht zweckmässig ist daher die in einigen Giessereien angewendete Construction der Thüren aus doppeltem, dünnem Eisenbleche, an den Rändern durch zwischengelegtes, rings herum lau-

fendes U-Eisen oder doppelt T-Eisen verbunden und mit einer Luftschicht zwischen sich, wie es Fig. 156 veranschaulicht. Solche Thüren sind nicht schwerer an Gewicht als die aus Gusseisen oder stärkerm Eisenblech gefertigten, ebenso haltbar als diese, und die höheren Anfertigungskosten werden jedenfalls bald durch Ersparniss an Brennstoff gedeckt werden.

Die Feuerung der Trockenkammern besteht meistens aus einem Roste mit natürlichem Luftzuge, welcher durch eine Esse hervorgebracht wird. Seltener ist man in der Lage, statt der Rostfeuerung die abziehende Wärme anderer Processe zum Erhitzen der Kammer benutzen zu können. So kann man z. B. in Messinggiessereien und kleinen Eisengiessereien die abziehenden Gase des Tiegelschmelzofens in zweckmässiger Weise dazu benutzen, die zwischen Ofen und Schornstein angelegte Trockenkammer zu heizen und auf diese Weise bei jedem Schmelzen die

Fig. 156.



Gussformen und Kerne für den folgenden Tag ohne besondern Brennstoffaufwand zu trocknen.

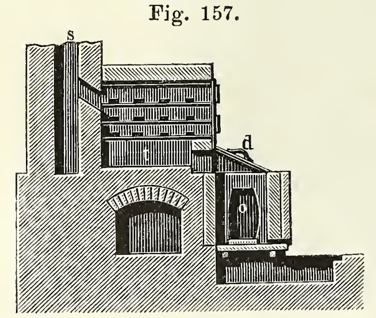
Bezüglich der Art und Weise, in welcher die entwickelte oder vorhandene Wärme an die Trockenkammer abgegeben wird, unterscheidet man Trockenkammern mit directer Erwärmung, bei welchen die Feuerungsgase durch die Kammer selbst hindurchziehen und in Gemeinschaft mit dem verdampften Wasser aus der Kammer durch einen Canal nach der Esse entweichen; und Trockenkammern mit indirecter Erwärmung, bei welchen die Gase durch ein System eiserner, in der Trockenkammer befindlicher Röhren oder Canäle hindurchgeführt werden und ihre Wärme in Folge der Transmission der Röhrenwände an die Kammer abgeben.

Die entwickelten Wasserdämpfe müssen also in diesem Falle durch eine besondere Vorrichtung abgeleitet werden, wenn nicht der Trocknungsprocess unverhältnissmässig verlangsamt werden soll.

Die directe Erwärmung ermöglicht die Erreichung hoher Wärmegrade in der Trockenkammer, bewirkt eine rasche Ableitung des gebildeten Wasserdampfs und ist daher die geeignetste Methode in denjenigen Fällen, wo eine scharfe Trocknung erforderlich ist, also bei dichtem Formmateriale und grossen Gussformen, welche schwieriger ihren Feuchtigkeitsgehalt entlassen als kleinere. Natürlicherweise kann nur ein solches Brennmaterial bei dieser Art der Feuerungseinrichtungen eine gute Leistung geben, welches nicht selbst beträchtliche Mengen von Wasserdampf bei der Verbrennung entwickelt, also vorzugsweise verkohltes oder doch sehr trocknes Brennmaterial. Aus diesem Grunde sind Koks das am häufigsten benutzte und zweckmässigste Brennmaterial in solchen Trockenkammern; Gaskoks, wo solche zu Gebote stehen, empfehlen sich durch Billigkeit und sind hinsichtlich ihrer Brennkraft völlig ausreichend.

Die Abbildung, Fig. 157, giebt die Einrichtung einer derartigen kleinen, durch die abziehenden heissen Gase eines Tiegelschachtofens geheizten Kammer. *t* ist hier die Trockenkammer, mit gitterartig eingelegten horizontalen Stäben zur Aufnahme der Formkasten versehen; *o* der Schmelzofen mit dem Verschlussdeckel *d*, *s* der Schornstein.

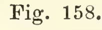
Fig. 157.

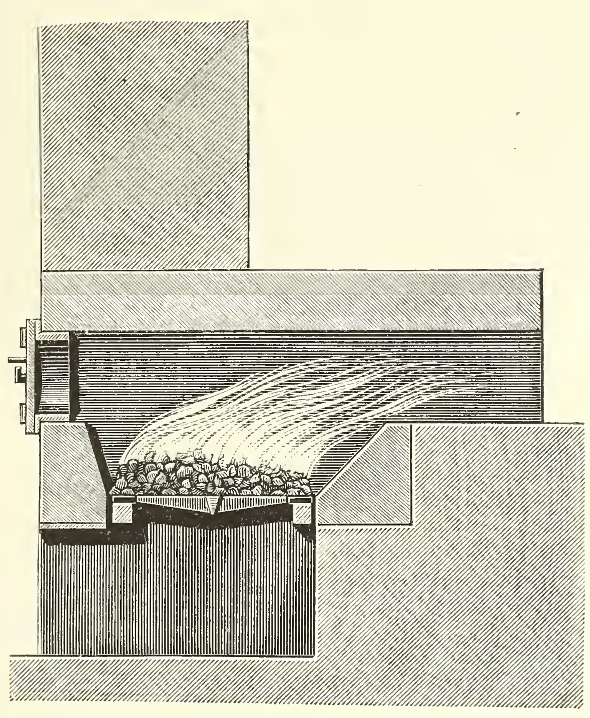



Heizt man die Trockenkammer durch eigene Rostfeuerung, so ist bei Anlage des Rostes zu beachten, dass in Folge des Bestrebens der erwärmten Luftschichten, nach oben zu steigen, die Sohle der Trockenkammer und die derselben zunächst liegenden Luftschichten Gefahr laufen, kalt zu bleiben, wenn der Rost hoch liegt; dass ferner jede Einwirkung strahlender Wärme auf die Gussformen und Kerne gefährlich ist, weil durch die in Folge derselben bewirkte übermässige Erhitzung leicht Zersetzungen des Formmaterials hervorgerufen werden können, wodurch dasselbe mürbe, zum Zerfallen geneigt wird; und dass mithin der Rost eine solche Lage erhalten muss, welche diese Einwirkung strahlender Wärme ausschliesst. Aus diesen Gründen bringt man den Rost am zweckmässigsten möglichst vertieft und zwar in einer Ecke oder doch an einer der schmalen Seiten der Trockenkammer an. Häufig umgiebt man ihn zum Schutze der Gussformen gegen die strahlende Wärme mit einer Umfassungsmauer aus feuerfesten Steinen, welche gitterartig durchbrochen ist, um die Gase hindurchziehen zu lassen; oder man überwölbt ihn, wie in Fig. 158, und lässt die Gase unter dem Gewölbe hindurch in die Kammer treten.

Da sich kleinstückiges Brennmaterial weniger als grobstückiges zur Benutzung für directe Erwärmung eignet, ist ein Planrost der geeignetste. Unterhalb desselben befindet sich der nach aussen mündende Aschenfall, oberhalb des Rostes gewöhnlich eine Thür zur Bedienung desselben. Nur in wenigen Fällen wendet man Rosten ohne Feuerthür an, die alsdann vor dem Schliessen der Trockenkammer gefüllt werden und so gross sein müssen, dass die einmalige Füllung für den Trocknungsprocess ausreicht.

Je grösser die Rostfläche ist, desto rascher wird man im Stande sein, eine hohe Temperatur in der Kammer zu entwickeln, aber desto mehr Brennmaterial wird auch verbraucht werden, wenn nicht einerseits sehr


Fig. 158.



starke Wände vorhanden sind, den vorhandenen Ueberschuss an Wärme aufzunehmen, und andererseits die Feuerung rechtzeitig unterbrochen wird, um diese von den Wänden aufgenommene Wärme auszunutzen. So günstig auch im Allgemeinen eine solche rasche Wärmeentwickelung wirken kann, wenn eben jene Bedingungen erfüllt werden, dürfte man doch Bedacht nehmen müssen, ein Uebermaass zu vermeiden. Viele vorhandene Trockenkammern würden mit kleineren Rosten sicherlich weniger Brennmaterial verbrauchen, als es in Wirklichkeit der Fall ist.

Für je 100 Cubikmeter räumlichen Inhalt der Trockenkammer

kann man Erfahrungsresultaten zufolge bei Koksfeuerung und mittelstarken Wänden an totaler Rostfläche rechnen:

bei grossen Kammern von mehr als 100 Cubikmeter Inhalt 0,6 Quadratmeter,

bei mittelgrossen Kammern von 25 bis 100 Cubikmeter Inhalt 0,6 bis 1 Quadratmeter,

bei kleinen Kammern mit weniger als 25 Cubikmeter Inhalt 1 bis 2 Quadratmeter.

Die Abzugsöffnung für die Gase und Dämpfe aus der Kammer pflegt an der Sohle der letztern dem Roste diagonal gegenüber, also in den meisten Fällen unmittelbar hinter der Thür in der einen Ecke der Kammer zu liegen. Nicht selten wendet man zwei Abzugsöffnungen an, um eine bessere Vertheilung des Gasstroms zu erzielen, welche alsdann an beiden Seiten der Thür befindlich sind. Für das Verhältniss des Querschnitts dieser Abzugsöffnung zu der totalen Rostfläche findet man bei ausgeführten Anlagen Werthe von $^1/_{10}$ bis $^1/_1$. Sofern die Esse im Stande ist, auch bei kleiner Abzugsöffnung den erforderlichen Luftwechsel hervorzurufen und die Verbrennung auf dem Roste in ausreichender Weise zu unterhalten, dürfte ein kleinerer Querschnitt einem grössern vorzuziehen sein, weil man bei ersterem wenigstens nicht so leicht Gefahr läuft, durch übermässig rasche Entziehung der Verbrennungsgase unnöthige Wärmeverluste hervorzurufen. Von dieser Abzugsöffnung aus führt gewöhnlich ein horizontaler Canal nach dem Schornsteine. Zweckmässig ist jedenfalls die in vielen Trockenkammern angewendete Einrichtung, den Canal dicht unter der Sohle der Kammer hin nach rückwärts zu führen und nur mit eisernen Platten abzudecken, so dass noch Wärmetransmission von den abziehenden heisseren Gasen nach der Kammer hin stattfinden kann. Zwischen Trockenkammer und Schornstein muss der Canal mit einem Schieber versehen sein, um den Luftzug reguliren und nach Erforderniss ganz abstellen zu können. Durch richtige Benutzung dieser einfachen Vorrichtung lässt sich viel Brennmaterial ersparen. Denn sobald das Brennmaterial auf dem Roste verzehrt ist, tritt kalte Luft durch den Rost in die Kammer, erwärmt sich durch einen Theil der in den Wänden aufgespeicherten Wärme und entführt diese aufgenommene Wärme nach dem Schornsteine, die Kammer mehr und mehr abkühlend. Sobald dieser Luftwechsel stärker ist, als zur Unterhaltung des Verdunstungsprocesses nöthig ist, findet unnöthiger Wärmeverlust statt; je weniger Wasser also überhaupt noch in der Kammer zu verdunsten ist, desto mehr muss der Schieber geschlossen werden. Meistens wird man den Schieber schon bald nach Beendigung des Verbrennungsprocesses auf dem Roste völlig schliessen können, da die in der Kammer alsdann befindliche Luft in Folge ihres hohen Wärmegrades ausreichend befähigt zu sein pflegt, den noch zu verflüchtigenden Wassergehalt aufzunehmen.

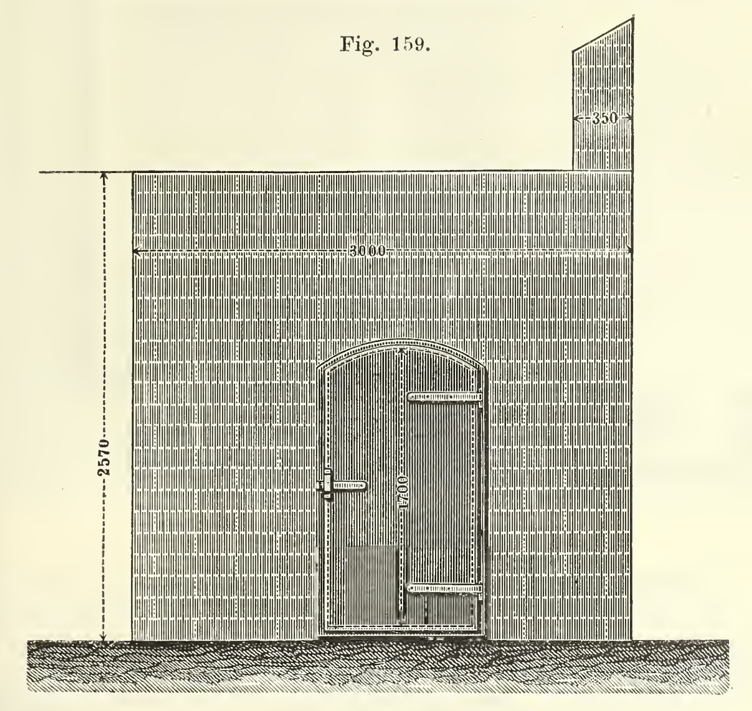
Die Esse vereinigt meistens die Gase sämmtlicher vorhandenen

Trockenkammern und muss dieser Aufgabe entsprechend hoch und weit sein. Ein Querschnitt gleich $1/8$ bis $1/6$ der totalen Rostfläche sämmtlicher Kammern bei einer Höhe von mindestens 15 Meter dürfte für alle Fälle ausreichen.

Beispiele ausgeführter Trockenkammern mit Rostfeuerung und directer Erwärmung.

Die Figuren 159 bis 161 stellen eine kleine Trockenkammer in der Giesserei des Herrn R. Ph. Waagner in Meidling bei Wien dar, welche hauptsächlich zum Trocknen kleiner Gussformen für die Metallgiesserei bestimmt ist. Zur Aufstellung der zu trocknenden

Fig. 159.



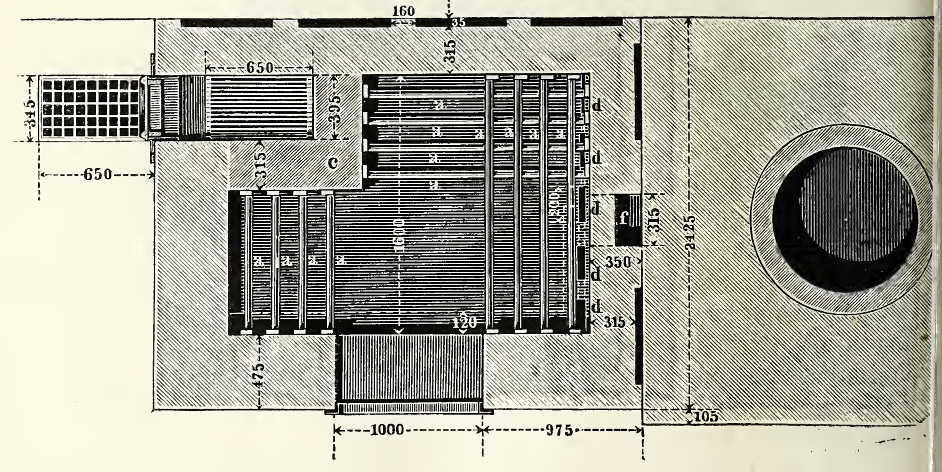

Gussformen dienen die schmiedeeisernen Querstangen *a a*.., welche in den gusseisernen Lagern *b b* ruhen und sich, der Grösse der einzusetzenden Gussformen entsprechend, leicht auswechseln lassen. Um die Gussformen vor der strahlenden Hitze zu schützen, ist der Rost mit der Mauer *c* umgeben; die Gase ziehen über dieselbe hinweg, werden dann durch die Abzugsöffnungen *d d* . . . ., deren Querschnitt aus leicht ersichtlichen Gründen mit ihrer Entfernung vom Roste wächst, nach unten gezogen und durch einen gemeinschaftlichen Canal *f* nach der Esse geführt.

In den Figuren 162 bis 165 sind zwei grössere Trockenkammern derselben Giesserei abgebildet. Die äusseren Wände derselben sind doppelt

und sehr stark [1]); die Decke besteht aus einzelnen Querbogen, auf doppelt

Fig. 160.

Fig. 161.




[1]) Die Mittheilung dieser wie der in den Figuren 159 bis 161 gegebenen Zeichnungen verdankt der Verfasser der Güte des Herrn Director Günther zu Meidling.

Fig. 162.

Fig. 163.

T-Trägern ruhend und oben mit einer Schicht Lehm überdeckt, um die Wärmeverluste möglichst einzuschränken. Die Gase entweichen durch zwei

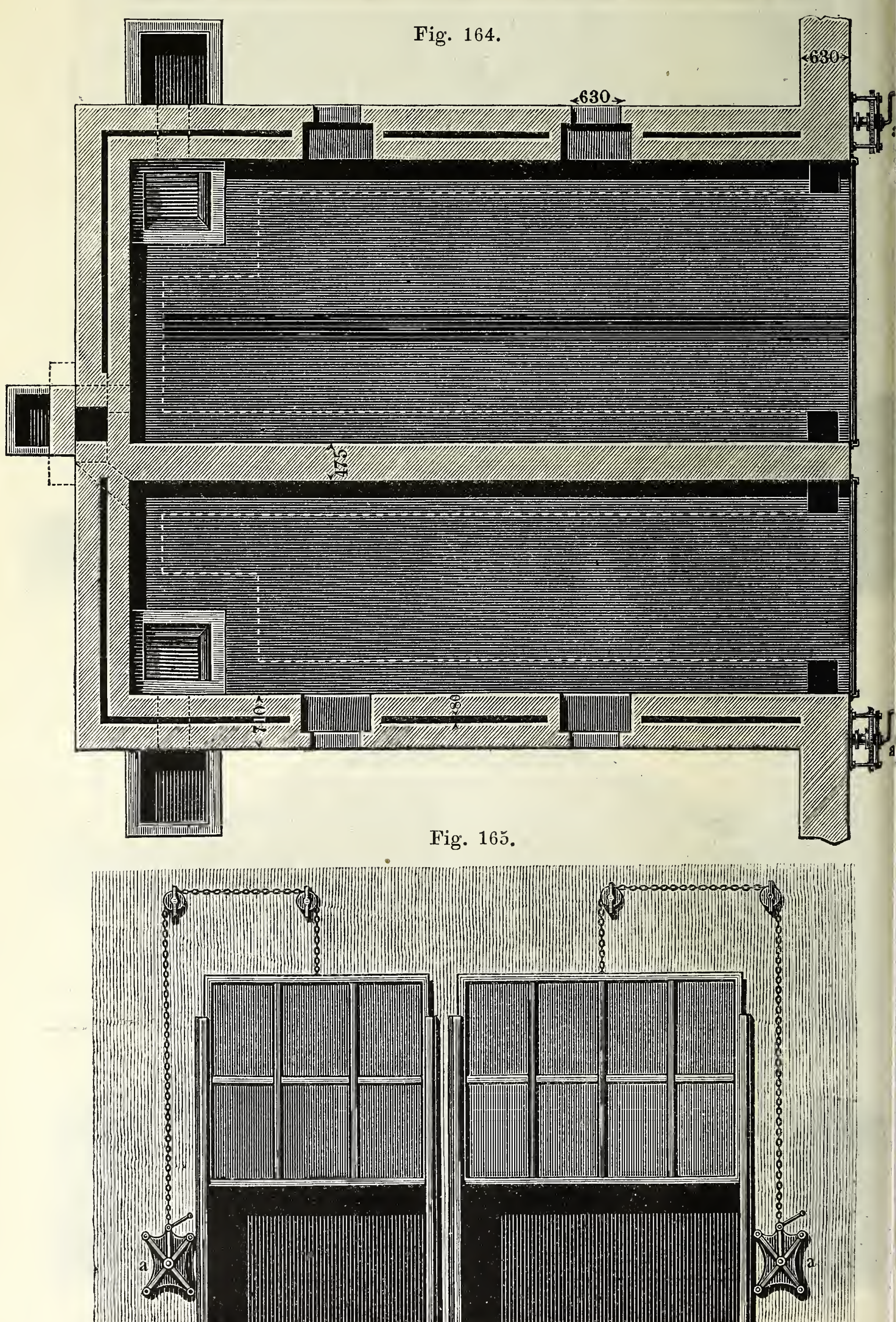


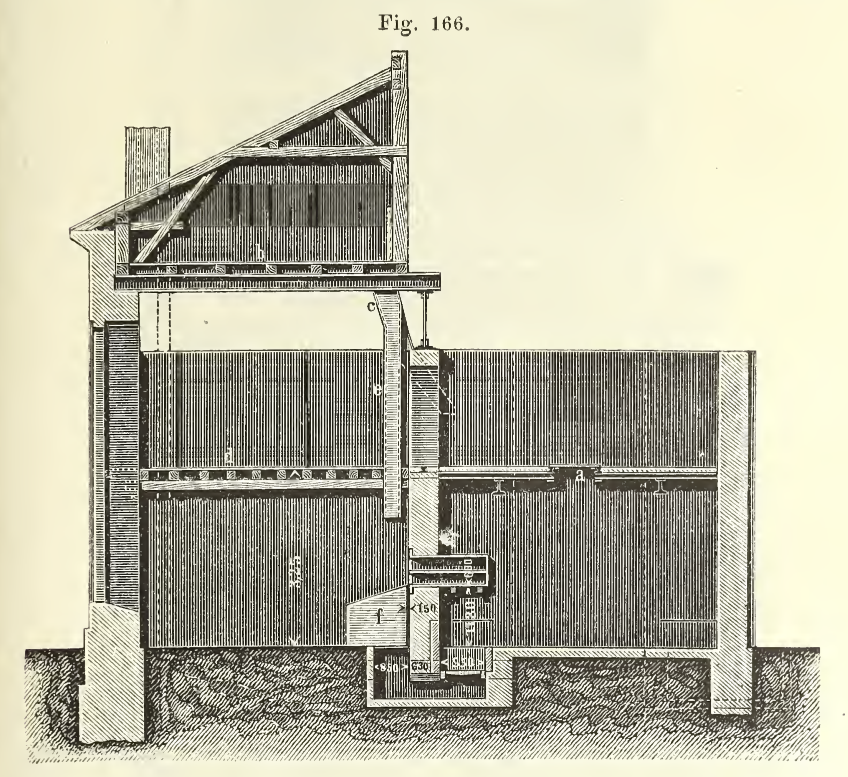

Fig. 164.

Fig. 165.

Abzugsöffnungen in jeder Kammer und vereinigen sich dann in einem gemeinsamen Schornsteine; die aus Eisenblech gefertigten, zum Aufziehen eingerichteten Thüren werden vermittelst der Winden *a a* geöffnet und niedergelassen.

Die in den Figuren 166 bis 168 abgebildete Trockenkammer der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik bietet vornehmlich durch die Art ihrer Ueberdeckung Interesse. Dieselbe besteht aus eisernen Platten, auf einer Balkenlage ruhend und mit einer dünnen Steinlage abgedeckt. In der Mitte der Decke befindet sich die schlitzartige Oeffnung *a*, nur durch Platten, die sich leicht entfernen lassen, geschlossen. Durch diese Oeffnung

Fig. 166.




hängt der Kloben des Brückenkrahns (Fig. 58 auf S. 62) in die Kammer hinab, wenn schwere Gussformen hinein- oder hinausgeschafft werden sollen. Die Decke der ganzen Kammer wird nun zum Trocknen des Formmaterials benutzt. Dasselbe wird durch einen mechanischen Aufzug auf den obern Boden *b* geschafft, auf welchem sich die Zerkleinerungsmaschinen befinden; von hier aus durch die Lutten *c c c* auf die Trockenkammerdecke gestürzt und ausgebreitet und nach dem Trocknen auf dem Boden *d* zum Gebrauche aufbewahrt. Die senkrechten Lutten *e* dienen zum Hinabstürzen solchen Materials, welches einer Trocknung nicht bedarf (Kohlenstaub), der Kasten *f* zur Aufnahme desselben.

Die Trockenkammer ist mit zwei diagonal gegenüberliegenden Rosten *g g* versehen, welche, da sie eine Feuerthür nicht besitzen, in

Fig. 167.

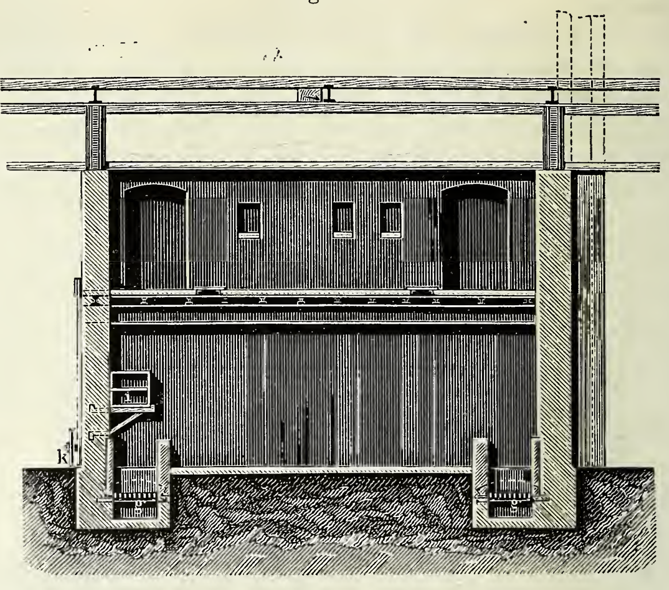
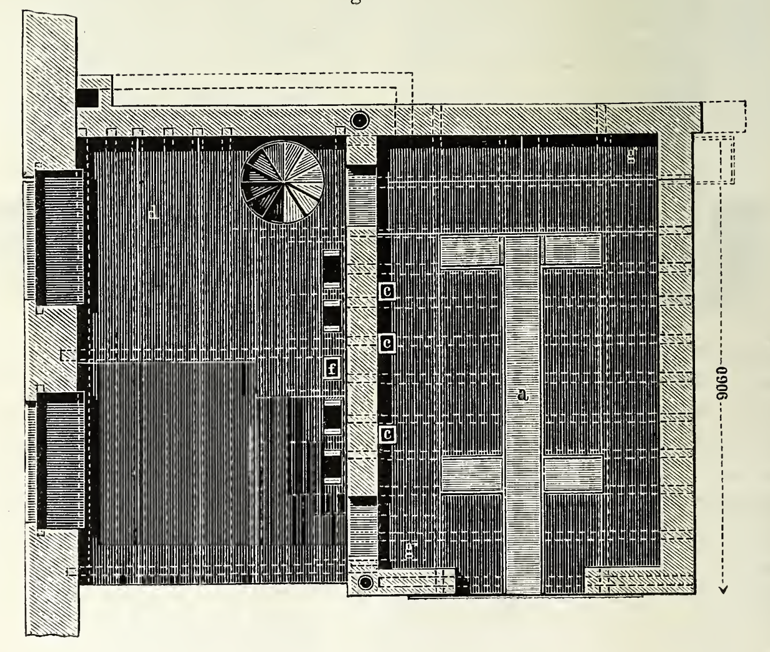


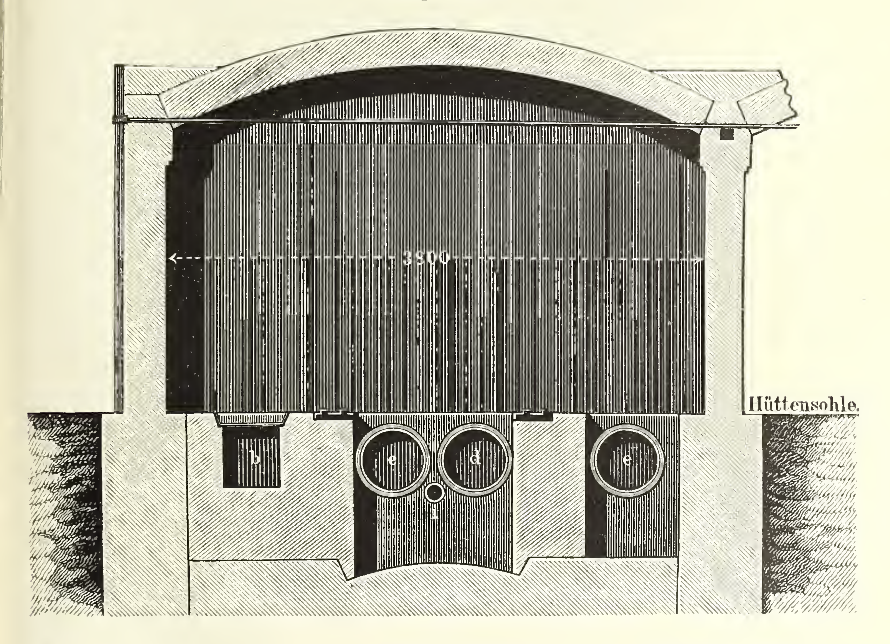
Fig. 168.



einem Male gefüllt werden müssen. *i* ist ein eiserner Kasten oberhalb des Rostes mit Mündung nach aussen, um darin kleine Kerne und dergleichen trocknen zu können. Die Thür ist in horizontaler Richtung verschiebbar und zu diesem Zwecke mit Rollen *k* (Fig. 167) versehen.

Die indirecte Heizung der Trockenkammern ist weniger geeignet, als die directe, sehr hohe Wärmegrade hervorzurufen, gewährt aber den Vortheil, dass man, da die Verbrennungsgase nicht in die Kammer selbst eintreten, jedes unverkohlte Brennmaterial, selbst mit hohem Wassergehalte (Braunkohlen etc.), zum Feuern verwenden kann, und dass die schädliche Einwirkung strahlender Hitze vollständig vermieden ist. In Giessereien, wo solche geringwerthigeren Brennmaterialien zu einem relativ billigern Preise als Koks und ähnliche werthvollere Brennstoffe zu haben sind, empfehlen sich deshalb derartige Feuerungsanlagen vorzugsweise für solche Trockenkammern, die zum Trocknen von Lehmkernen bestimmt sind, weniger für grössere Gussformen in Masse, welche zum völligen Austrocknen eines höheren Wärmegrades zu bedürfen pflegen. Die Einrichtung einer solchen indirecten Trockenkammerheizung kann durch die Figuren 169 bis 171 erläutert werden, welche die Trocken-

Fig. 169.




kammern der neuerbauten Röhrengiesserei zu Gröditz darstellen. Das Brennmaterial — meistens böhmische Braunkohle oder auch Lignite aus der Niederlausitz — wird auf dem Treppenroste *a* verbrannt. Die Verbrennungsgase durchstreichen die Canäle *b*, *c*, *d* und *e* in der Richtung der Pfeile und entweichen schliesslich aus *e* nach dem Schorn-

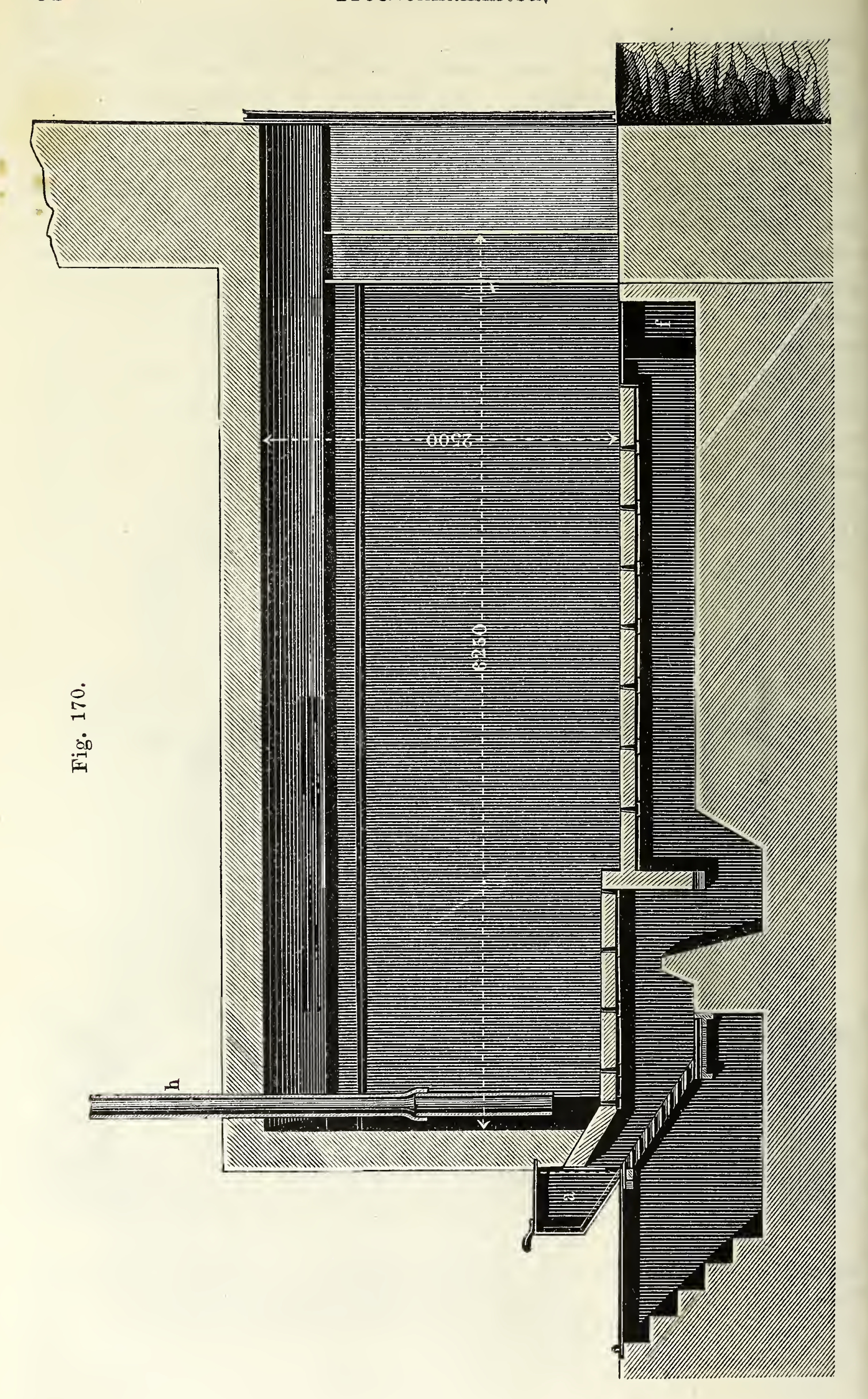
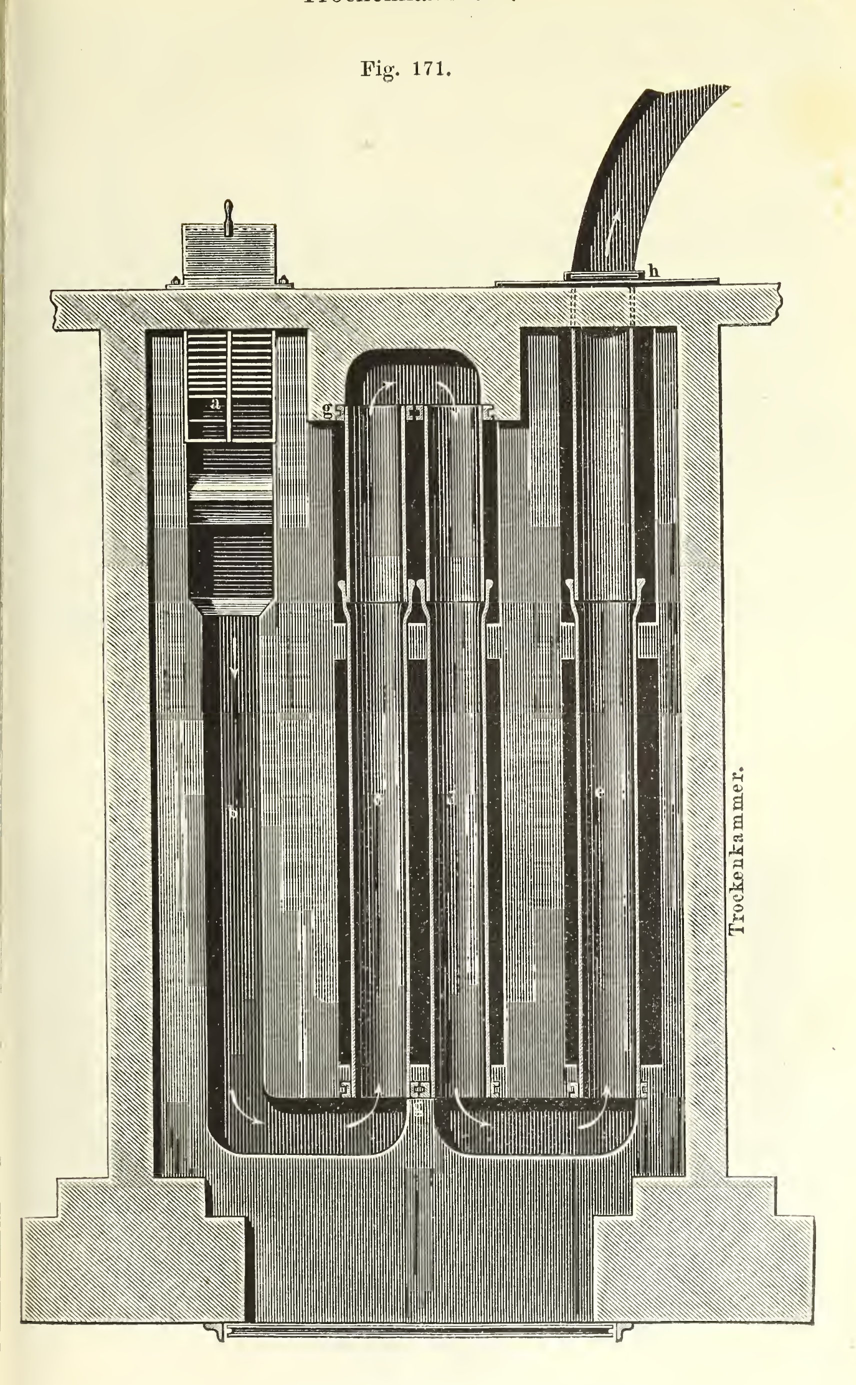


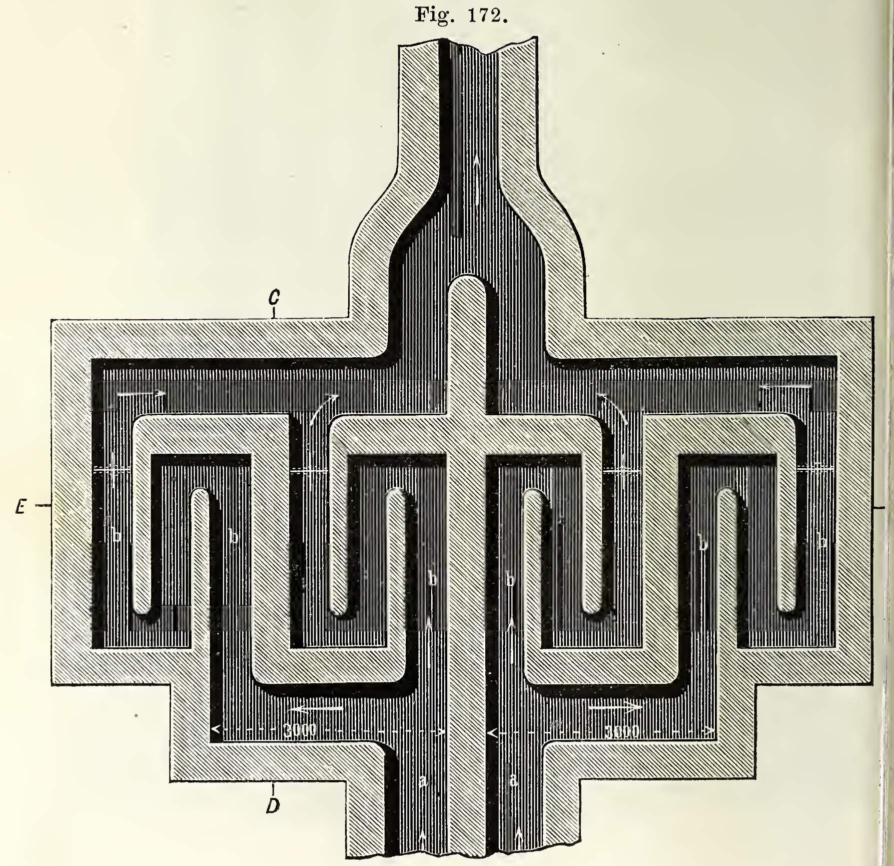

Fig. 170.

Fig. 171.



steine. Der Theil *b* dieses Canalsystems ist gemauert und in Rücksicht auf die hohe in der Nähe der Feuerung herrschende Temperatur, welche Gusseisen bald zerstören würde, mit Platten aus feuerfestem Thone abgedeckt, welche in eisernen Rahmen liegen und sich leicht auswechseln lassen; die Theile *c*, *d* und *e* bestehen aus gusseisernen Röhren von 350 Mm. Weite; nur die gekrümmten Verbindungsstücke zwischen den einzelnen geraden Rohrsträngen sind der leichtern Herstellung halber gemauert und mit gusseisernen Platten abgedeckt (siehe *f* in Fig. 170). Die gusseisernen Röhren liegen mit ihren Enden in eingemauerten schmalen Ringen *gg*, Fig. 171, in denen sie sich bei der Erwärmung ohne Hinderniss ausdehnen können, übrigens aber vollständig frei, um die Wärme an ihrem ganzen Umfange an die Kammer abgeben zu können. Zwischen Trockenkammer und Schornstein (bei *h* in Fig. 171) ist die Rohrleitung mit einem Schieber versehen, um den Zug reguliren und nach Verzehrung des Brennstoffs ganz abstellen zu können. Die in der Trockenkammer entwickelten Wasserdämpfe werden durch kleine Oeffnungen in der Lei-

Fig. 172.




Horizontalschnitt nach *AB*.

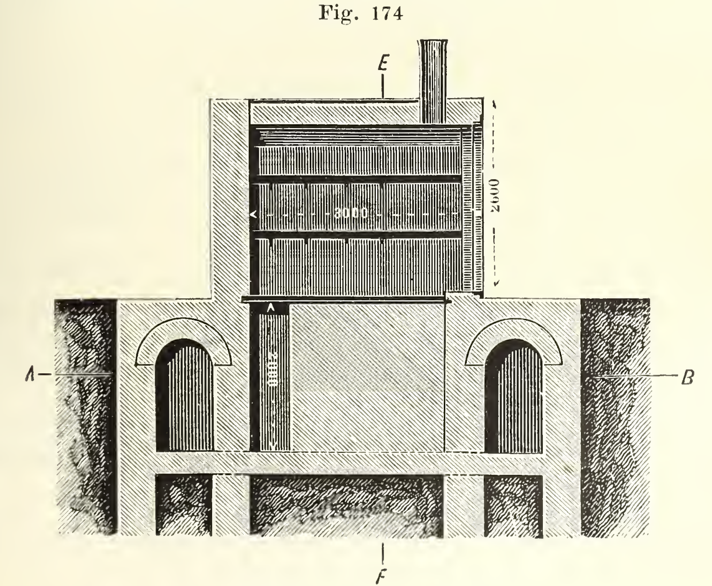
tung in Folge des Essenzuges begierig angesaugt; zum Ersatze der abziehenden feuchten Luft kann durch das kleine Rohr *i* (Fig. 169) frische trockne Luft zugeführt werden, die sich beim Aufsteigen zwischen den

Fig. 173.

Verticalschnitt nach *E F*.

Heizrohren *c* und *d* erwärmt. Wenn der Schieber geschlossen ist und mithin kein Luftzug mehr stattfindet, können die noch gebildeten Dämpfe durch das Rohr *h* (Fig. 170) ins Freie entweichen.

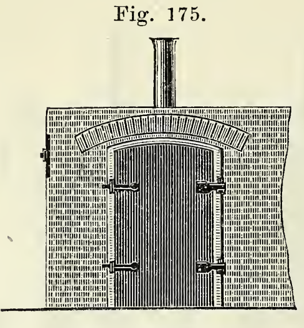
Fig. 174




Verticalschnitt nach *C D*.

Die Einrichtung von Trockenkammern mit indirecter Erwärmung, geheizt durch die abziehenden Gase zweier Tiegelflammöfen, ist endlich durch die Figuren 172 bis 175 veranschaulicht [1]). Die Gase kommen bei *aa* von den Flammöfen, streichen in den Canälen *bb*.. unter dem aus gusseisernen Platten bestehenden Boden der Kammern hin und ziehen dann nach dem gemeinschaftlichen Schornsteine. Die kleinen Schornsteine dienen zur Entfernung des verdampften Wassers. Die Heizfläche jeder Kammer beträgt 4,25 Quadratmeter, die Bodenfläche 5 Quadratmeter, der räumliche Inhalt 10,5 Cubikmeter. Durch eingelegte Querstäbe ist jede Kammer in drei Stockwerke à 700 Mm. Höhe getheilt. Die Wärmeabgabe ist eine so bedeutende, dass die Temperatur in den Kammern gegen Ende des Trocknens, welches acht Stunden währt, auf 200° C. steigt, und es lässt sich hieraus schliessen, dass jene Heizfläche auch für einen noch grössern Trockenraum ausgereicht haben würde.

Fig. 175.



Ansicht.

---

Die relative Leistung oder der Wirkungsgrad einer Trockenkammer lässt sich ermitteln, wenn man die Menge des durch eine verbrauchte Menge Brennmaterial verdampften Wassers ermittelt und diese Wassermenge durch diejenige dividirt, welche das gleiche Quantum Brennmaterial bei vollständiger Ausnutzung seiner Brennkraft theoretisch hätte verdampfen können. Es ist $E = \frac{W}{W_1}$, worin $W$ das wirklich verdampfte Wasser, $W_1$ diejenige Wassermenge bezeichnet, welche sich theoretisch hätte verdampfen lassen.

Dieser Wirkungsgrad ist abhängig von der Construction und Lage der Kammer, daneben aber auch von der Dichtigkeit des Formmaterials, der Wandstärke der zu trocknenden Gegenstände, der mehr oder minder umsichtigen Art und Weise der Gruppirung derselben in der Kammer (je grösser die frei liegende Oberfläche, desto günstiger die Verdampfung) und von anderen Nebenumständen. Um daher aus dem Wirkungsgrade verschiedener Trockenkammern Schlüsse auf die Zweckmässigkeit der Einrichtung ziehen zu können, muss man solche wählen, die unter ähnlichen Verhältnissen arbeiten.

Leider liegen sehr wenige Resultate hierüber vor, und, wie Verfasser mehrfach erfahren musste, findet sich nur in sehr wenigen Giessereien

---

[1]) Für eine Wiener Messinggiesserei durch Herrn Ingenieur C. A. Hering in Freiberg (Sachsen) erbaut.

Neigung, Versuche über diesen immerhin für sie selbst nicht unwichtigen Gegenstand anzustellen [1]).

Erstes Beispiel. In der in den Figuren 162 bis 165 (S. 179 und 180) abgebildeten Trockenkammer zu Meidling wurden mit einem Brennmaterialaufwande von 136 Kilogramm Koks Lehmkerne getrocknet und dabei innerhalb $3\frac{1}{2}$ Stunden, während welcher Zeit sie vollständig trocken geworden waren, 95 Kilogramm Wasser verdampft.

Wenn die bei vollständiger Verbrennung eines Brennstoffs für den Verdampfungsprocess theoretisch gewinnbare Wärmemenge $= w$ ist, und wenn man annimmt, dass durchschnittlich 600 Wärmeeinheiten erforderlich sind, um 1 Kilogramm des in den Gussformen und Kernen enthaltenen Wassers zu erwärmen und zu verdampfen [2]), so kann 1 Kilogramm des Brennstoffs theoretisch $\frac{w}{600}$ Kilogramm Wasser verflüchtigen. 1 Kilogramm Koks mit 15 Proc. Asche und 5 Proc. hygroskopischem Wasser verdampft hiernach, wenn man die geringe Wärmemenge unberücksichtigt lässt, die zur Verdampfung des hygroskopischen Wassergehaltes und zur Erwärmung der Asche des Brennstoffs verbraucht wird:

$$\frac{0{,}8 \times 8080}{600} = 10{,}7 \text{ Kilogramm Wasser.}$$

Jene verbrauchten 136 Kilogramm Koks hätten demnach bei völliger Ausnutzung 1455 Kilogramm Wasser verflüchtigen müssen, während nur 95 Kilogramm in Wirklichkeit verdampft worden sind. Es ist demnach der Wirkungsgrad der Kammer:

$$E = \frac{95}{1455} = 0{,}065.$$

Zweites Beispiel. In Eisenwerk Gröditz trocknet man in den auf Seite 183 bis 185 in den Figuren 169 bis 171 abgebildeten Trockenkammern Lehmkerne für die Röhrengiesserei und benutzt als Brennmaterial böhmische Braunkohlen, bestehend aus:

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff . . . . . . . . . . | 50 Proc. |
| Wasserstoff . . . . . . . . . . | 4 „ |
| Sauerstoff . . . . . . . . . . . | 14 „ |
| Asche . . . . . . . . . . . . | $3\frac{1}{2}$ „ |
| Wasser . . . . . . . . . . . . | $28\frac{1}{2}$ „ |

---

[1]) An alle Giessereien, welche sich für eine wissenschaftliche Behandlung dieser Frage interessiren, richtet Verfasser hierdurch das Ersuchen, etwaige Ermittelungen über die Leistungen ihrer Trockenkammern nebst Angaben über die Constructionsverhältnisse etc. derselben ihm zu einer vergleichenden Zusammenstellung zugehen zu lassen. Nur in solcher Weise wird man zu greifbaren Resultaten für die Construction dieser wichtigen Apparate jeder Giesserei gelangen können.

[2]) Da die Wasserverdampfung bei einer niedrigen Temperatur beginnt, häufig aber erst bei einer Temperatur der Trockenkammer über $100^0$ ihr Ende erreicht, so lässt sich eben nur ein annähernder Durchschnittswerth für die mitgenommene Wärme der Berechnung zu Grunde legen.

Die Kerne bleiben von Abends bis Morgens in der Kammer; zur einmaligen Heizung einer Kammer werden durchschnittlich 400 Kilogramm Braunkohlen verbraucht und nach dem Verbrennen derselben der Schieber geschlossen. Es wurde ermittelt, dass durchschnittlich 100 Kilogramm Braunkohlen erforderlich sind, um 91 Kilogramm Wasser aus den Kernen zu verdampfen.

Die theoretische Verdampfungsfähigkeit der böhmischen Braunkohle ist obiger Zusammensetzung zufolge

$$\frac{0{,}50 \times 8080 + \left(0{,}04 - \frac{0{,}14}{8}\right) 34\,462}{600} = 7{,}99 \text{ Kilogramm Wasser.}$$

Es würden demnach 100 Kilogramm Braunkohlen theoretisch 799 Kilogramm Wasser verdampfen können, und es ist

$$E = \frac{91}{799} = 0{,}114.$$

Vorstehende beiden Ermittelungen sind natürlich noch nicht ausreichend, ein endgültiges Urtheil über die Zweckmässigkeit des einen oder andern Trockenkammersystems zu fällen. Das günstigere Resultat der Gröditzer Trockenkammer rührt unstreitig zum Theile davon her, dass dieselbe für eine einzige Specialität der Formerei, Röhrenkerne, von vornherein eingerichtet und deshalb mit Einrichtungen versehen ist, welche die günstigste Ausnutzung des vorhandenen Raumes gestatten. Immerhin ist der auf diese Weise erlangte Vergleich zwischen den Leistungen beider Trockenkammern in mancher Beziehung lehrreich und beweist wenigstens, dass die bis jetzt seltener übliche indirecte Trockenkammerheizung recht günstige Ergebnisse zu liefern im Stande ist. Vielleicht sind die durch die Berechnung gewonnenen Resultate geeignet, auch andere Giessereien zu Ermittelungen in dieser Richtung anzuregen.

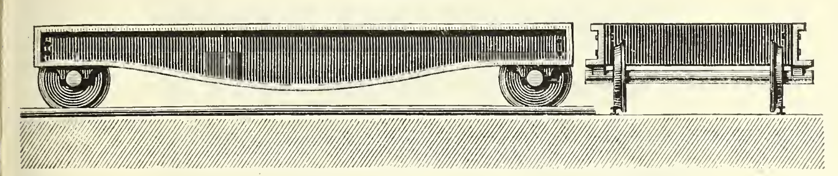
---

Die in den Kammern zu trocknenden Gegenstände werden, wenn ihr Umfang und Gewicht nicht zu bedeutend ist, auf Stäben, Consolen und dergleichen, wie aus den Figuren 160, 161 und 174 ersichtlich ist, in geeigneter Weise aufgestellt. Ist ihr Gewicht dagegen ein solches, dass das Hineinschaffen und Aufstellen innerhalb der Kammer unbequem sein würde, so benutzt man meistens einen eisernen Wagen, welcher vor der Kammer mit sämmtlichen zu trocknenden Gegenständen beladen und dann hineingerollt wird. Diese Trockenwagen bestehen aus einem gusseisernen oder schmiedeeisernen Rahmen auf zwei Achsen mit niedrigen Rädern, Fig. 176. Die Räder laufen meistens auf gusseisernen oder schmiedeeisernen Schienen; die Länge der Wagen entspricht an-

nähernd der Länge der Trockenkammer im Lichten, die Breite muss mindestens einige Centimeter geringer sein als diejenige der Thüröffnung der Kammer.

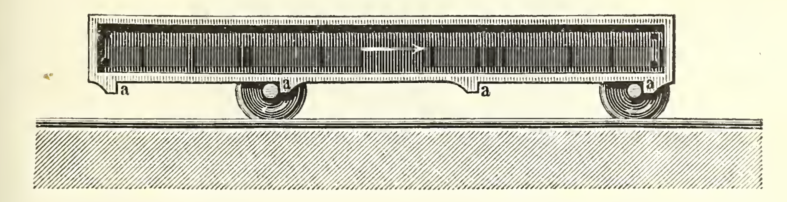
In Folge der in den Trockenkammern herrschenden Hitze und Feuchtigkeit pflegt die Zapfenreibung bei diesen Trockenkammerwagen

Fig. 176.



eine recht beträchtliche und die Fortbewegung dadurch sehr erschwert zu sein. Da nun aber der vom Wagen zurückzulegende Weg immer dieselbe Länge gleich der Länge der Trockenkammer zu besitzen pflegt, so kann man die Fortbewegung sehr erleichtern, wenn man durch die in Fig. 177 dargestellte Construction die Zapfenreibung des Wagens in eine

Fig. 177.




rollende Reibung verwandelt. Die Laufbahn des Wagens ist hier durch die angegossenen Knaggen $a$ $a$ begrenzt, welche sich einem weitern Fortrollen entgegen stellen und dadurch ein Kippen des Wagens unmöglich machen, welches eintreten würde, sobald bei fortgesetzter Bewegung der Schwerpunkt des Wagens ausserhalb der Achsen zu liegen käme.

Wenn

$A$ die Länge des vom Wagen zurückzulegenden Weges ist,

$a$ der Abstand zwischen einem Paar Knaggen,

$D$ der Durchmesser der Räder,

$d$ der Durchmesser der Zapfen,

so ist

$$a : A = d : D,$$

$$a = \frac{A\,d}{D},$$

d. h. je grösser der Raddurchmesser im Verhältnisse zum Zapfendurchmesser ist, desto kleiner kann für eine gegebene Laufbahn der Abstand zwischen zwei Knaggen sein, desto weniger Gefahr für das Kippen des Wagens ist vorhanden.

Mitunter bringt man auf dem Wagen noch besondere Gerüste an, um die zu trocknenden Gegenstände aufzunehmen und eine möglichst

Fig. 178.

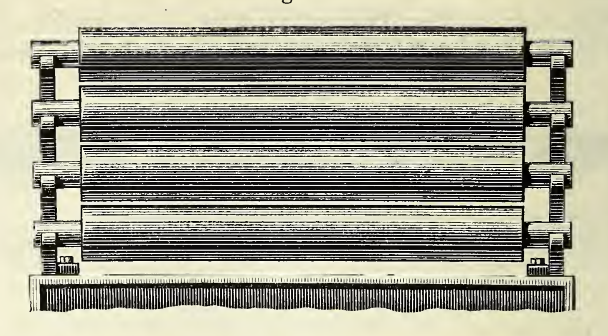
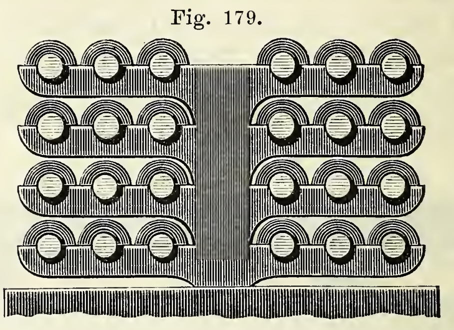


Fig. 179.



grosse Anzahl derselben unterzubringen. Als Beispiel möge die in den Figuren 178 und 179 abgebildete Vorrichtung zur Auflagerung von Röhrenkernen dienen.

## G. Die Anwendung von Maschinen zur Formerei.

Das der gesammten modernen Fabrikation eigenthümliche Bestreben, durch Massenanfertigung von Specialartikeln deren Selbstkosten und Verkaufspreis herabzudrücken, gab auch Veranlassung zur Construction einer Anzahl verschieden eingerichteter Maschinen in der Formerei, grösstentheils dazu bestimmt, bei der Anfertigung solcher Specialartikel die Handarbeit des Formers theilweise zu ersetzen und dadurch die Arbeit zu beschleunigen; bisweilen auch mit der Aufgabe, ein kostspieliges, für die Handarbeit unentbehrliches Modell durch einen einfacheren Apparat zu ersetzen.

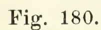
Es lassen sich demnach sämmtliche für die Formerei benutzte Maschinen in folgende Gruppen theilen:

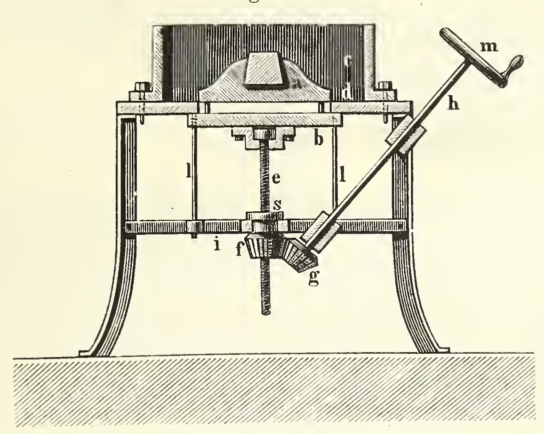
1) Formmaschinen, welche das Modell aus der Gussform heben.

Wenn diese Arbeit durch eine Maschine rasch und sicher ausgeführt wird, kann dadurch erhebliche Zeit gewonnen werden. Denn es wird

nicht allein direct der grössere Zeitaufwand beim Ausheben mit der menschlichen Hand gespart, sondern bei der grössern Sicherheit und Gleichmässigkeit der Maschinenarbeit fallen die, meistens noch beträchtlicheren, Zeitverluste fast ganz fort, welche durch das Ausbessern der beim Herausnehmen mit der Hand entstandenen Beschädigungen der Gussform veranlasst werden. Die Zeitersparniss wird um so grösser, wenn in einem und demselben Formkasten mehrere Modelle eingeformt sind, welche durch die Maschine mit einem Male herausgeholt werden, während bei Handarbeit nur eins nach dem andern gelöst werden kann.

Der Vorgang bei den zahlreichen hierher gehörigen Constructionen von Formmaschinen ist im Wesentlichen derselbe. Das Formkastentheil *c*, Fig. 180, befindet sich in der zum Einstampfen richtigen Lage auf einem gusseisernen gehobelten Tische *d*, der mit Oeffnungen versehen ist, um die Modelle *a* hindurch zu führen. Diese Oeffnungen müssen


Fig. 180.




sehr genau gearbeitet sein, so dass weder ein Klemmen der Modelle eintreten kann, noch ein Zwischenraum bleibt, in welchen Sand hineinfallen könnte. Die Modelle sind auf einer Platte *b* befestigt, welche mit Hülfe der Schraubenspindel *e*, der Getriebe *f* und *g* (deren ersteres mit Muttergewinde für die Spindel *e* versehen und durch ein über seine Verlängerung übergeschobenes Halslager *s* vor Verschiebung gesichert ist), und der Handradspindel *h* in genau senkrechter Richtung auf- und abbewegt werden kann. Die Führungsstangen *l l* dienen ausserdem zur Vermeidung von Schwankungen beim Auf- und Niedergehen. Durch Drehung des Handrädchens *m* nach dem Einformen des Kastens werden also sämmtliche auf der Platte *b* befindliche Modelle rasch und sicher aus der Gussform herausbewegt. Ist das Modell getheilt, so dass ein Theil im Oberkasten liegt, so bedarf man, wenn nicht beide Hälften ganz gleich sind, zweier Formmaschinen für Ober- und Unterkasten; ist dagegen, wie in dem vorstehend gegebenen Falle (Schienenstuhlmodell), das Modell

nur im Unterkasten befindlich und der Oberkasten ganz glatt, so bedarf es nur einer gehobelten Platte zum Einformen des letztern.

Statt der Bewegung durch Schraubenspindel und drehbare Schraubenmutter kann man auch durch Zahnstange mit Getriebe, Kniehebel oder andere Maschinenelemente die Bewegung des Modells bewirken. In einzelnen Fällen kann auch eine solche Abänderung der Construction zweckmässig sein, bei welcher das Modell stehen bleibt, der Tisch mit dem Formkasten aber gehoben wird.

Je zeitraubender die Arbeit des Heraushebens mit der Hand ist, und je weniger bei dieser Manipulation Beschädigungen zu vermeiden sind, desto höher werden die Ersparnisse durch Anwendung solcher Formmaschinen sein. Beim Einformen von Schienenstühlen, deren vier zusammen in einen Formkasten eingeformt wurden, hatte Verfasser vor einigen Jahren Gelegenheit, eine totale Mehrproduction von 30 Procent gegenüber der alleinigen Handarbeit zu constatiren.

Ausserdem findet man solche Maschinen angewendet bei Herstellung von kleinen Maschinentheilen für landwirthschaftliche und andere Maschinen, Geschossen, Röhren.

2. Formmaschinen, welche das Einstampfen beziehentlich Festdrücken des Formmaterials besorgen, besonders für den Röhrenguss in Anwendung.

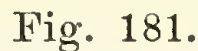
In der Mitte des cylindrischen, senkrecht stehenden Formkastens dreht sich bei der Röhrenformmaschine, von einer Transmission aus betrieben, eine verticale Spindel, auf welcher das Modell und die Vorrichtung zum Einformen befindlich ist. Letztere besteht entweder aus einem kurzen Cylinder von dem Durchmesser des Formkastens im Lichten mit Rollen am untern Rande oder mit flachen Schraubengängen zum Festdrücken des von oben eingeschaufelten Sandes (Sheriff'sche und Steward'sche Formmaschine), oder aus Stampfern, welche während des Rotirens durch Excenter gehoben werden und durch ihr Gewicht niederfallen, oder aus ähnlichen drückend oder stampfend wirkenden Werkzeugen. In allen Fällen wird diese Vorrichtung von dem eingeschaufelten, sich mehr und mehr häufenden Sande selbst allmälig gehoben und zieht dabei auch das Modell nach sich.

3. Maschinen, welche ein grösseres, aus einer Anzahl gleicher Theile bestehendes Modell durch ein einziges dieser Theile ersetzen. In gewisser Hinsicht gehören auch die sub 2 erwähnten Röhrenformmaschinen hierher, indem bei denselben nur ein kurzes Rohrende, welches allmälig aufwärts bewegt wird, statt des Modells erforderlich ist. Deutlicher ist jedoch dieses System der Formmaschinen in der vielfach benutzten Räderformmaschine für Zahnräder vertreten, deren erste Construction sich G. M. Scott im Jahre 1865 patentiren liess[1]).

---

[1]) In Deutschland werden Räderformmaschinen verbesserter Construction durch die Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik in Chemnitz erbaut, welcher

Auf dem gusseisernen, in den Erdboden eingegrabenen und auf einer soliden Fundamentplatte angeschraubten Fusse *a*, Fig. 181, welcher mit einem (punktirt gezeichneten) herausnehmbaren zapfenartigen Fortsatze versehen ist, steckt der hohle gusseiserne Schaft *b*, durch die Schrauben *c c* vor Drehung gesichert. Der obere, punktirt gezeichnete Theil dieses


Fig. 181.

Schafts ist schwächer im Durchmesser, ringsum gedreht, und trägt die geschmiedete Oese *d* zu dem Zwecke, den Schaft *b* mit Hülfe eines Krahns leicht von dem Fusse abnehmen und wieder aufstecken zu können. Un-

Verfasser die gegebene Abbildung dieser Maschine verdankt. — Es sei eine Beschreibung dieser Maschine — obschon streng genommen in das Gebiet der speciellen Technologie gehörend — schon hier gestattet, um ein Beispiel für derartige Formmaschinen zu geben.

mittelbar unter *d* befindet sich das Schneckenrad *e* fest mit dem Schafte *b* verbunden, also wie dieser nicht drehbar. Ueber diesen obern schwächern Theil des Schaftes *b* ist nun die Hülse *f* gesteckt, innen ausgedreht und um *b* drehbar. An diese Hülse ist zunächst das consolförmige Lager *g* angegossen, welches zum Tragen einer in das Rad *e* eingreifenden Schneckenspindel *i* dient (in der Abbildung nur in der Stirnfläche sichtbar), auf deren einem Ende das Getriebe *h* befestigt ist. Wenn *h* und dadurch die Spindel *i* gedreht wird, so muss, da das Rad *e* fest liegt, die Spindel sich um *e* herumbewegen und dadurch auch die Hülse *f* in Drehung versetzen. Etwas weiter unten befindet sich an *f* angegossen das Führungsstück *k* für den horizontalen rahmenförmigen Arm *l*, welcher zwischen diesem Führungsstücke nach beiden Seiten in horizontaler Richtung verschoben werden kann. Zur Bewirkung dieser Verschiebung trägt das Stück *k* die Schraubenmutter *m*, durch welche die in dem Arme fest gelagerte und an dem einen Ende mit dem Handrädchen *n* versehene Schraubenspindel *o* hindurchgeht. An der andern Seite des Arms, parallel mit *o*, liegt die glatte Spindel *p*, auf der einen Seite die Kurbel *q*, auf der andern das Getrieberad *r* tragend. *r* ist durch die Zwischenräder *s* und *t*, welche beide in dem Bügel *u* befestigt sind, mit dem Stirnrade *h* in Verbindung gesetzt, so dass durch Drehung der Kurbel *q* auch die Spindel *i* bewegt und somit die ganze Hülse *f* sammt dem Arme *l* in Umdrehung um den Schaft der Maschine versetzt wird. Es ist klar, dass man im Stande sein wird, durch die Wahl bestimmter Grössenverhältnisse zwischen den Zahnrädern *s* und *t* jedes beliebige Maass für die Drehung des Arms *l* bei einer ganzen, halben oder viertel Drehung der Kurbel *q* hervorzubringen; mit anderen Worten, wenn ein Rad mit *N* Zähnen geformt werden soll, man solche Räder *s* und *t* einschalten kann, dass jede ganze, halbe oder viertel Drehung von *q* den Arm *l* um $\frac{1}{N}$ des ganzen Kreises dreht, entsprechend der verlangten Zahntheilung $\frac{1}{N}$.

Zu diesem Zwecke wird der Maschine eine grössere Anzahl solcher Getriebe von verschiedenen Durchmessern und gleicher Zahntheilung, zum Auswechseln eingerichtet, beigegeben, und eine gleichfalls beigegebene Tabelle erleichtert die Wahl der Räder für eine gegebene Anzahl Zähne des zu formenden Rades. Damit aber das Einstellen der Kurbel *q* mit Genauigkeit erfolgen kann, dreht sich dieselbe auf einer Scheibe *r* mit Einschnitten am Rande für ganze, halbe und viertel Drehungen, und eine kleine Feder *x* bewirkt ein sofortiges Einschnappen der Kurbel in einen solchen Einschnitt, sobald der betreffende Stand erreicht ist, und die Kurbel nicht mehr mit der Hand angezogen wird.

An dem einen Ende des Arms *l* befindet sich nun eine gusseiserne Führung *w*, in welcher das gusseiserne Prisma *y* auf- und abwärts bewegt werden kann. Zur Hervorbringung dieser senkrechten Bewegung dient die Kette *z*, welche in das Prisma eingreift und um das Ketten-

rädchen $\alpha$ geschlungen ist; letzteres wird durch Vermittelung des auf seiner Welle befindlichen Schneckenrädchens $\beta$ und der Schnecke $\gamma$ von dem Handrade $\delta$ aus bewegt. Zur Begrenzung des Hinabgehens dient der verstellbare Anschlag $\varepsilon$, zum Feststellen des Prismas die Druckschraube $\zeta$.

Dieses Prisma trägt nun an seinem untern Theile den eigentlichen formgebenden Apparat, das Modell $\eta$ zu einem Zahne nebst zwei Zahnlücken, welches sich also mit Hülfe der beschriebenen Einrichtungen

in den vorgeschriebenen Abstand vom Drehungspunkte bringen;

im Kreise herumführen und der Theilung des anzufertigenden Rades entsprechend für jeden zu formenden Zahn einstellen;

über die Gussform erheben und in dieselbe einsenken lässt.

Die Arbeit beim Einformen beginnt damit, dass, nachdem der Schaft $b$ nebst der Hülse $f$ von dem Fusse abgehoben worden sind, eine Hülse mit Scheere wie für die Lehmformerei über den stehen bleibenden Zapfen des Fusses geschoben und mit einer Schablone in dem Formsande das Modell für die obere Begrenzungsfläche des Rades gedreht wird; bei cylindrischer Form des Rades wie in vorliegender Figur also eine horizontale Ebene. Dann wird nach dem Bestreuen mit Ziegelmehl der Oberkasten aufgesetzt, voll Sand gestampft, die Eingüsse an ihre Stelle gesetzt und der Oberkasten, welcher nun fertig ist, abgehoben und vorläufig bei Seite gestellt. Die genaue Stellung desselben auf der Gussform wird vorher durch eingeschlagene Holzpflöcke markirt, auch die Fläche des Oberkastens selbst wohl nach dem Abheben mit einer besondern Schablone und mit Hilfe einer im Mittelpunkte eingeformten Hülse nochmals nachgedreht, besonders wenn die Fläche nicht eben, sondern wie bei konischen Rädern, winkelförmig profilirt ist.

Nun wird der Sand rings um den Zapfen aufgegraben und mit einer zweiten Schablone das Profil des Untertheils der Gussform in der ganzen Höhe eines Zahns ausgedreht, so dass der Durchmesser der Gussform nunmehr gleich dem grössten Durchmesser des Zahnrades bis an die Aussenkante der Zähne gemessen ist (wie bei $AB$ in Fig. 181), und die Trennnungsfläche zwischen Ober- und Unterkasten mit dem obern Rande der Zähne zusammenfällt. Dann wird die Maschine auf den Fuss gesteckt, Durchmesser und Theilung richtig gestellt und nun Zahn an Zahn angeformt, wie aus der Abbildung ersichtlich ist. Arme und Nabe des Rades müssen durch später eingelegte Kerne, die im Kernkasten geformt werden, gebildet werden. Endlich wird die Maschine wieder abgehoben, auch der Zapfen aus dem Fusse gezogen, das dadurch entstehende Loch der Gussform (bei $\vartheta$) mit Sande zugeformt, die erwähnten Kerne eingelegt und der Oberkasten aufgesetzt.

Eine eigentliche Ersparung an Arbeit in der Formerei wird durch die Räderformmaschinen nicht erreicht, wie aus vorstehender Beschreibung des Arbeitsverfahrens sich ergeben dürfte, und wie es die Erfahrung bestätigt. Im Gegentheile pflegen die mit der Maschine geformten Räder

im Gusse — abgesehen von den Modellkosten — theurer auszufallen als die nach einem vollständigen Modelle gefertigten.

Diese Mehrkosten können aber gedeckt werden durch die grössere Genauigkeit der mit der Maschine geformten Räder, welche ein Nacharbeiten der Zähne entbehrlich macht, und durch die Ersparung an Modellkosten. Letztere stellen sich um so höher, je grösser das Rad ist und je weniger Abgüsse davon verlangt werden. Mit der Grösse des Rades wächst auch die Gefahr des Verziehens des Modells, wodurch selbstverständlich der Abguss ungenau ausfällt. Diese Gründe lassen die Anwendung von Räderformmaschinen für grosse Räder zweckmässiger als für kleine erscheinen: Räder unter 500 Mm. Durchmesser, auf gewöhnliche Weise geformt, werden sich auch unter Berücksichtigung der Modellkosten fast immer so erheblich billiger stellen, dass für diese die Anwendung der Formmaschinen kaum noch als zweckmässig bezeichnet werden kann.

---

Literatur über Formmaschinen:

Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, II. Bd., Leipzig 1875, S. 471 bis 514, 520 bis 538.

H. Stentz, Ueber die Anwendung von Maschinen in der Formerei. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate. Bd. XII (Jahrgang 1864), S. 324 u. ff.

---

## Gussformen und Kerne aus starrem Materiale.

Die Anwendung derselben ist eine weit beschränktere als diejenige der Gussformen aus bildsamem Materiale. Denn einestheils pflegt die Anfertigung solcher starren Gussformen (Schalen) erheblich kostspieliger zu sein, als die Herstellung der Gussformen aus Sand, Masse oder Lehm und kann fast immer nur für solche Fälle lohnend erscheinen, wo eine grosse Anzahl gleicher Abgüsse in derselben Form gefertigt werden soll; anderntheils werden die Eigenschaften mancher Metalle, z. B. des Gusseisens, durch die raschere Abkühlung in den metallenen Gussformen, welche für diese schwerschmelzigen Metalle allein benutzbar sein würden, so erheblich verändert (Seite 109), dass die Abgüsse in vielen Fällen ihre Benutzbarkeit einbüssen würden, obschon allerdings in einzelnen Fällen, welche unten Erwähnung finden werden, gerade diese Veränderung der Eigenschaften durch Anwendung metallener Gussformen bezweckt wird; endlich ist die Form des herzustellenden Abgusses nicht immer eine solche, dass die unvermeidliche Schwindung nach dem Giessen innerhalb der starren Gussform stattfinden kann, und in diesem Falle

tritt ein Zerreissen des Abgusses ein, wenn nicht das verwendete Metall sehr dehnbar ist und einen geringen Schwindungscoefficienten besitzt (Zinn, Blei). So z. B. würde ein Rad mit Nabe und Armen, aus Gusseisen, Messing, Bronze in einer durchaus metallenen Gussform gegossen, im Kranze und den Armen reissen oder sich doch im günstigsten Falle so fest um das zwischen den Armen befindliche Material der Gussform zusammenpressen, dass es nicht möglich wäre, den Abguss, ohne ihn zu zerbrechen, herauszunehmen; aus demselben Grunde lassen sich Kerne aus starrem Materiale fast nur bei weichen, dehnbaren Metallen anwenden. Das bildsame Material der einmaligen Gussformen gestattet eben eine der Schwindung des Metalls entsprechende Zusammendrückung, und in den wenigen Fällen, wo ein grösserer Widerstand des Formsandes etc. ein Zerreissen des stark schwindenden Abgusses befürchten lässt, kann man durch schleuniges Freimachen des letztern in der zerstörbaren Gussform diese Gefahr beseitigen.

Das üblichste Material für die starren Gussformen ist das Gusseisen; unentbehrlich für die bei höherer Temperatur schmelzenden Metalle: Gussstahl, Gusseisen, Bronze, Messing, sofern dieselben in Schalen gegossen werden sollen; seiner Billigkeit und Dauerhaftigkeit halber auch häufig für die in niedrigerer Temperatur schmelzbaren Metalle, Zinn, Zink Blei u. a. benutzt. Wenn die Gussformen sorgfältiger Bearbeitung durch Ciseliren zu ihrer Herstellung bedürfen, so wählt man wohl der leichtern Anfertigung halber Bronze, Rothguss oder Messing als Material für dieselben. Die leichtschmelzigeren Metalle giesst man bisweilen, obwohl seltener, in Gussfomen aus demselben Metalle, als man zum Giessen benutzt, natürlich niemals in einem bei niedrigerer Temperatur schmelzenden. Für Zinn- und Bleigüsse ist ein nicht selten benutztes Material der Schiefer (z. B. für die bekannten Zinnsoldaten), welcher das Eingraviren der Gussform leicht gestattet; für grosse plattenförmige Körper wird bisweilen Sandstein oder Granit benutzt; für die Stereotypplatten der Letterngiessereien dient gepresstes Papier als Material der Gussform.

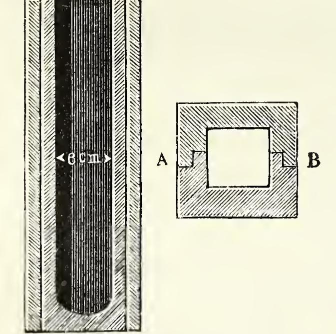
Die Gussformen müssen natürlich so eingerichtet sein, dass ein Herausnehmen des Abgusses ohne Schwierigkeit möglich ist. Hierdurch wird bei weniger einfachen Formen der Abgüsse eine Zerlegung der Gussformen in oft viele Theile erforderlich. Sämmtliche Theile müssen dabei mit Vorrichtungen versehen sein, welche ein genaues Zusammenschliessen derselben bewirken.

Wenn die Gussform nicht etwa oben offen ist, ein Fall, der nur beim Gusse der einfachsten Formen vorkommt, so muss sie mit einem Eingusse versehen sein, durch welchen das flüssige Metall in die Gussform gelangen kann und welcher später entfernt wird. Da das Material der Gussform völlig undurchlässig für Gase ist, so muss bei allen geschlossenen Gussformen dieser Art Sorge getragen werden, dass die innerhalb derselben eingeschlossene Luft entweichen kann, ehe das Metall erstarrt. Man bringt zu diesen Zwecke feine Luftcanäle an, gewöhnlich

auf den Trennungflächen der einzelnen Gussformtheile, welche das Innere derselben mit der äussern freien Luft in Verbindung setzen.

Der einfachste Fall der Anwendung starrer Gussformen ist der, wenn stabförmige oder plattenförmige Körper gegossen werden sollen, welche die erste Stufe für die weitere Verarbeitung bilden; so aus Gussstahl, Kupfer, Messing, Bronze, Gold, Silber, Blei u. s. w. Diese Gussformen sind stets oben offen, und zwar entweder mit einer der breiten Seiten oben (liegende oder offene Gussformen), oder häufiger mit einer der schmalen Seiten oben (stehende Gussformen), je nachdem die spätere Verwendung des Gussstücks das eine oder andere Verfahren zweckmässiger erscheinen lässt. Denn auch hier pflegt, zumal bei den schwerer schmelzbaren Metallen, die beim Gusse zu oberst liegende Seite undichter zu sein als die untere. Man nennt diese einfachen Gussformen, dazu bestimmt, einem rohen Metalle eine erste Form zu geben, bisweilen schlechtweg Eingüsse (Ingots.) Ein vierkantiger Eisenstab, mit einem Handgriffe und auf einer Fläche mit einer langen schmalen Höhlung versehen, wird zum Eingiessen von Gold und Silber gebraucht, welche Metalle dann zu Drähten, Blechen etc. weiter verarbeitet werden, und stellt wohl die einfachste Form solcher offenen Eingüsse dar. An diese schliessen sich die sogenannten Rohreingüsse, für den stehenden Guss bestimmt, schwach konische Rohre mit runder oder viereckiger Oeffnung, deren unteres Ende während des Giessens durch einen Stöpsel verschlossen wird. Grössere derartige Gussformen bestehen fast immer aus zwei Theilen. Fig. 182 stellt eine solche zweitheilige Gussform für Stahlgüsse dar, welche während des Giessens durch übergelegte Schmiedeeisenringe zusammengehalten wird.

Fig. 182.



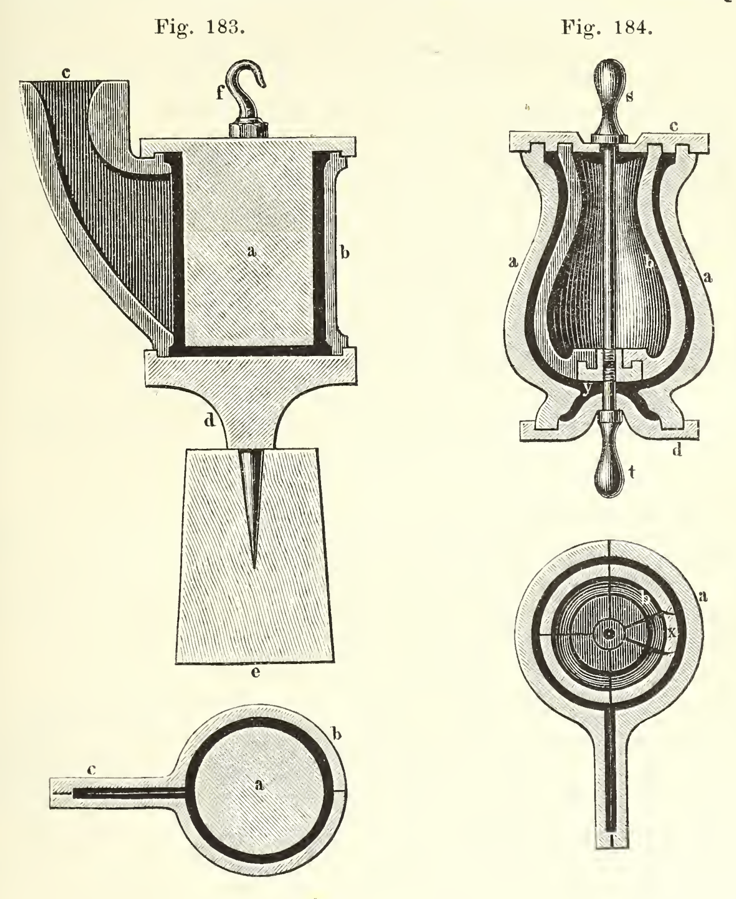

Für den Guss plattenförmiger Körper benutzt man bisweilen zwei aufrecht gestellte Gusseisenplatten, zwischen denen man Leisten von der Stärke der herzustellenden Platte derartig einlegt, dass sie drei Seiten der Gussform begrenzen, während die vierte obere Seite offen bleibt.

Weniger einfach ist die Einrichtung der Gussformen, wenn die herzustellenden Abgüsse gegliederte Form besitzen, und besonders, wenn sie hohl sind. Wie bei Hohlkörpern, welche im bildsamen Materiale gegossen werden sollen, ist alsdann ein Kern und eine äussere Umhüllung erforderlich, welche bei dieser Art von Gussformen, vorzugsweise für die Zinngiesserei verwendet, Hobel genannt wird.

Fig. 183 stellt eine Gussform zum Gusse cylindrischer Hohlgefässe dar, wie sie zum Messen von Flüssigkeiten benutzt werden. *a* ist der gusseiserne cylindrische Kern, *b* der gleichfalls gusseiserne Hobel, aus

zwei Theilen bestehend, um ihn vom Abgusse lösen zu können, und mit dem Eingusse *c* versehen. Oben greift der an dem Kerne angegossene Deckel, unten der Untersatz *d* über den Rand der beiden Theile des Hobels und hält ihn zusammen, während auf diese Weise zugleich die concentrische Lage des Kerns gesichert ist. Mit einer Angel tritt der Theil *d* in den Holzfuss *e*. Bei der Dehnbarkeit des Zinns und dem geringen Durchmesser des Gefässes ist ein Zerreissen desselben durch das Schwinden um den starren Kern *a* nicht zu fürchten, wohl aber presst

Fig. 183. Fig. 184.




sich in Folge der Schwindung der Abguss so fest um den Kern, dass letzterer sich durch einfaches Ziehen mit der Hand nicht mehr herausbringen lässt. Aus diesem Grunde ist der Kern mit dem Haken *f* versehen, um mit Hülfe einer Winde, deren Kette oder Seil in *f* eingreift, während der Abguss in eine hölzerne festliegende Büchse eingespannt ist, den Kern herauszuziehen.

Die Gussform für eine geschweifte Kanne mit angegossenem Fusse

(in Zinn oder Britanniametall) ist in Fig. 184 (a. v. S.) abgebildet [1]). Der Hobel *a* besteht auch hier wieder aus zwei Theilen und lässt sich auf diese Weise ohne Weiteres vom Abgusse lösen; oben wird derselbe durch den über das „Schloss" greifenden Deckel *c*, unten durch den Fuss *d* zusammengehalten. Weniger einfach ist der Kern construirt, welcher, wenn er nur aus einem oder zwei Stücken bestände, nicht aus dem Abgusse herauszubringen sein würde. Er ist deshalb durch Verticalschnitte, von denen die das Stück *x* begrenzenden etwas nach innen divergiren, in fünf Theile zerlegt, welche oben in den Deckel, unten in das Stück *y* mit Schloss eingreifen, *y* ist von beiden Seiten mit Muttergewinde versehen, so dass nun mit Hülfe der Schrauben *s* und *t* die ganze Form fest zusammengeschlossen werden kann. Nach dem Abgusse werden zunächst die Schrauben gelöst, Boden, Deckel und Hobel entfernt, dann das Stück *x* des Kerns nach innen herausgenommen, worauf die übrigen Theile von selbst losgehen. Ausguss und Henkel werden bei allen derartigen Gefässen in besonderer Form gegossen und entweder angelöthet oder auch wohl angegossen, indem man die Gussform für diese Theile, welche an den Berührungsstellen mit dem Gefässe offen sein muss, gegen die Wand des Gefässes in richtiger Lage drückt und nun das flüssige Metall eingiesst, welches dann mit dem Metalle des Gefässes zusammenschmilzt.

## Anwendung von Gussschalen zur Beeinflussung der Eigenschaften der Metalle.

Inwiefern die Eigenschaften der Metalle, insbesondere des Gusseisens und der Bronze, durch rasche Wärmeentziehung beeinflusst werden, wurde auf Seite 109 erörtert. Da nun jene durch rasche Abkühlung hervorgerufenen Eigenschaften — grosse Härte des Gusseisens, Dichtigkeit und Zähigkeit der Bronze — für viele Verwendungen sehr zweckmässig sein können, so bewirkt man die für solche Fälle erforderliche rasche Wärmeentziehung durch Anwendung von metallenen, gewöhnlich gusseisernen Gussschalen statt der Gussformen aus schlecht wärmeleitendem, bildsamem Formmateriale. Gussstücke aus Gusseisen, welche durch Eingiessen in Schalen eine harte Oberfläche erhalten haben, nennt man Schalenguss oder Hartguss.

Die Einwirkung der Gussschale auf die Eigenschaften des eingegossenen Metalls ist im Allgemeinen um so kräftiger, je grösser das Verhältniss zwischen dem Gewichte der Schale und demjenigen des eingegossenen Metalls, und je grösser der Temperaturunterschied beider in dem Augenblicke ist, wo das eingegossene Metall anfängt, starr zu werden [2]).

---

1) Nach Abbas, Handbuch der Metallgiesserei. Weimar 1875, Taf. XIX, Fig. 259 und 260.

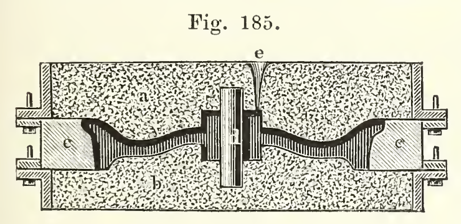
2) Deshalb ist die Einwirkung stärker, wenn das Metall wenig über seinen

Wenn man ein Gussstück von einer Seite her während des Erstarrens abkühlt, so pflanzt sich diese Abkühlung nicht rasch, sondern allmälig durch das ganze Metall fort. Die Folge davon ist, dass das Maass der Beeinflussung der Eigenschaften durch jene Wärmeentziehung um so mehr abnimmt, je weiter die Theile des Abgusses von der Abkühlungsfläche entfernt liegen. Für die Anwendung von Gusseisen als Gussmaterial für Schalenguss ist dieser Umstand von hoher Wichtigkeit; denn das durch plötzliche Abkühlung weiss gewordene Gusseisen besitzt allerdings eine ausserordentliche Härte und dadurch eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen Einflüsse der Reibung etc., ist aber in gleichem Maasse spröder und weniger bearbeitungsfähig geworden, und letztere Eigenschaften würden ein Gussstück für die meisten Verwendungen unbrauchbar machen, wenn es durch und durch jene Veränderung seiner Beschaffenheit durch die rasche Wärmeentziehung erfahren hätte. Man beschränkt also beim sogenannten Hartgusse die Anwendung der Gussschalen auf diejenigen Theile der Oberfläche, bei welchen grössere Härte hervorgerufen werden soll, und alle übrigen, entfernter liegenden Theile des Abgusses behalten ihre normale Beschaffenheit.

Diesem Umstande zufolge bestehen die Gussformen für Hart- oder Schalenguss fast immer aus mehreren Theilen, von denen eins oder einige den einmaligen Gussformen zugehören und durch Formerei mit Hülfe eines Modells hergestellt werden, während die für öftere Benutzung dienende Gussschale als besonderer Theil mit jenen verbunden wird.

Beispiele. Bei einem gusseisernen Laufrade für Eisenbahnwagen (besonders für kleine Transportkarren, Hunde etc. benutzt) soll der Umfang des Radkranzes hart sein, während für alle übrigen Theile die normale Beschaffenheit des Gusseisens nothwendig ist, um bearbeitungsfähig und dem Zerspringen weniger ausgesetzt zu sein. Die Gussform eines solchen Rades hat also die in Fig. 185 gezeichnete Einrichtung. Es ist hier *a* das Obertheil der Gussform mit dem Eingusse *e*, *b* das Untertheil, *c* die gusseiserne Schale, mit den Formkastentheilen durch Dübel verbunden, *d* ist der Kern für die Nabenöffnung. Wenn die Wandstärke der Schale gleich der zwei- bis zweiundeinhalbfachen Wandstärke des Radkranzes ist, so wird bei richtig gewählter Beschaffenheit des Gusseisens [1]) der Abguss an dem

Fig. 185.




---

Schmelzpunkt erhitzt, als wenn es hoch erhitzt in die Gussform eingegossen wird; denn in letzterm Falle erwärmt es auf Kosten eines Theiles seiner eigenen Wärme die Schale, bevor eine Beeinflussung seiner Eigenschaften durch die Wärmeentziehung stattfinden kann.

[1]) Ueber diejenigen Bestandtheile des Gusseisens, welche diese Neigung, durch rasche Abkühlung weiss zu werden, erhöhen oder abschwächen, siehe S. 14 u. 109.

Umfange weiss, strahlig, hart, an der Innenseite grau, körnig, weich ausfallen.

Bei einem sogenannten Herzstücke für Eisenbahnkreuzungen (Fig. 186) sollen die Schienen an der Oberfläche Härtung erhalten, alles Uebrige weich bleiben. Es ist noch darauf Rücksicht zu nehmen, dass bei der langgestreckten Form des Abgusses ein Krummziehen in Folge der raschern Abkühlung der einen Seite zu befürchten ist, und dieses sich nur vermeiden lässt, wenn der Abguss bis zum völligen Erkalten durch festes Anspannen in gerader Lage erhalten wird. Die Figuren 187 und 188 stellen die Gussform für ein solches Herzstück dar. *a* ist die Gussschale, ungefähr 100 Mm. stark, mit vielen kleinen durchgehenden Oeffnungen versehen, um Gase und Dämpfe, die sich aus dem Formsande entwickeln, nach unten entweichen zu lassen. Ausserdem ist die obere Seite der Schale mit zahlreichen,

Fig. 186.

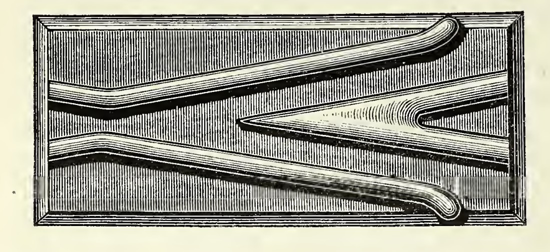


Fig. 187.

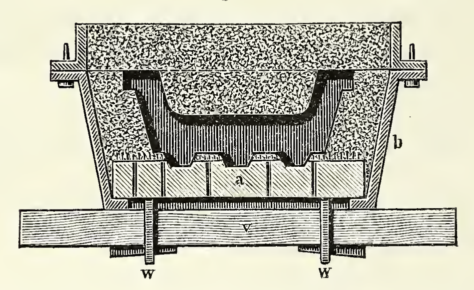
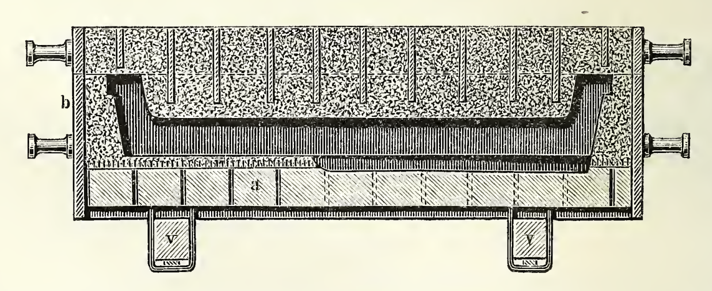


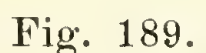

Fig. 188.

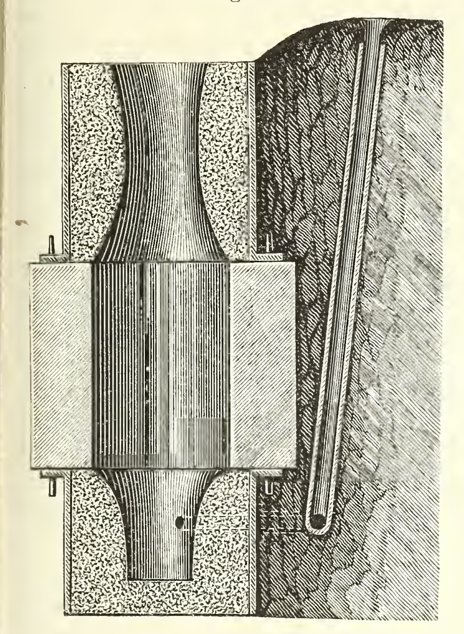



etwa 20 Mm. herausragenden Drahtstiften besetzt, welche einen Halt für das auf derselben liegende Formmaterial bilden. An der unteren Seite ruht die Gussschale auf vorspringenden gehobelten Leisten des Formkastens, wie aus Fig. 187 ersichtlich ist. Um diese Lage zu sichern, sind zwei Paar schmiedeeiserne Bügel *ww* in die Schale eingegossen, um starke gusseiserne Balken *vv* hindurchzustecken und durch Keile mit Formkasten *b* und Gussschale *a* in feste Verbindung zu bringen. Alles

Uebrige dürfte einer Erläuterung nicht bedürfen. Das erwähnte Geradespannen des Abgusses geschieht, indem man sofort nach dem Gusse den Oberkasten abhebt, quer über das Gussstück zwei gusseiserne Balken von gleicher Grösse als *v* und parallel mit denselben legt und nun durch übergeschobene starke schmiedeeiserne Bügel und dazwischen geschlagene Keile je einen oberen mit einem unteren Balken fest verbindet, bis der Abguss erkaltet ist.

Bei Walzen zum Poliren von gewalzten Eisenstäben und zu anderen Zwecken soll die Oberfläche des Mittelstücks (des Walzenkörpers) hart werden, die Zapfen aber weich bleiben. Deshalb wird die Gussform zu einer solchen Hartwalze, wie aus Fig. 189 ersichtlich ist, hergestellt.


Fig. 189.



Der tangential im unteren Zapfen mündende Einguss muss in diesem Falle für sich angefertigt und mit der Gussform in Verbindung gebracht werden; häufig nimmt man gusseiserne Rohrstücke dazu, welche inwendig mit Masse bekleidet, getrocknet und an den Formkasten angeschraubt werden.

Bei dem verhältnissmässig grossen Gewichte des Walzenkörpers im Verhältnisse zu seiner Oberfläche muss die Gussschale eine beträchtliche Stärke besitzen, wenn die Härtung tief genug eindringen soll, und es beträgt das Gewicht der Schale aus diesem Grunde nicht selten das Drei- bis Vierfache des Abgusses. Diese starke Gussschale dehnt sich nun selbstverständlich aus, sobald sie Wärme von dem Abgusse aufnimmt, und es bildet sich zwischen diesem und der Schale ein Zwischenraum, welcher einestheils die fernere Abkühlung beeinträchtigt, zugleich aber zur Entstehung sogenannter Hartborsten (Hartrissen) Gelegenheit giebt, d. h. von Rissen in dem Umfange, welche durch die ungleichartige und ungleichzeitige Erstarrung der Rinde und des innern Kerns hervorgerufen werden. Zur Vermeidung dieser Uebelstände wendet man neuerdings nach einem dem Giessmeister Anton Turk in Donavitz patentirten Verfahren Gussschalen mit Wasserkühlung zum Walzengusse an. Dieselben sind nur etwa 20 Mm. stark, dagegen in einem Abstande von 80 bis 100 Mm. mit einem Blechmantel umgeben, und zwischen diesem und der Schale circulirt nun das Kühlwasser, welches ununterbrochen erneuert

wird. Es findet begreiflicher Weise hierdurch eine kräftigere Abkühlung des eingegossenen Metalls statt, als durch noch so starke eiserne Schalen; die Gussschale dehnt sich nicht aus, und man vermeidet dadurch nach Angabe des Erfinders die in Folge dieser Ausdehnung entstehenden erwähnten Uebelstände, insbesondere die Entstehung der Hartborsten[1]).

Jener bei Verarbeitung des Gusseisens wohlthätige Umstand, dass der Einfluss der raschen Wärmeentziehung durch die Gussschale mit der Entfernung von der Abkühlungsfläche allmälig sich verliert, wirkt bei Bronzegüssen nachtheilig; denn bei den Bronzen stellen sich nicht wie beim Gusseisen durch rasche Abkühlung neben den erstrebten Eigenschaften auch solche ein, welche die Verarbeitung und Verwendung beeinträchtigen (Sprödigkeit des gehärteten Gusseisens u. s. w.), sondern der Hauptvortheil der raschen Abkühlung liegt bei den Bronzen in der Verhinderung des Saigerns und in der durch diese Einwirkung erreichbaren höhern Festigkeit und Widerstandsfähigkeit.

Giesst man z. B. ein Geschützrohr ohne Kern (also voll und für späteres Ausbohren berechnet), so findet man, dass die Beschaffenheit der Bronze um die Achse herum eine ganz andere ist, als am äussern Rande. Es ist dieses offenbar ein Nachtheil, welcher sich bei der Verwendung des Geschützes in empfindlicher Weise geltend macht. Nach mehrfachen Versuchen hat Generalmajor von Uchatius, Director der k. k. Geschützgiesserei in Wien, eine gleichmässige Beschaffenheit der Gussbronze in den Geschützrohren dadurch erreicht, dass in der Mitte der zum Gusse dienenden Gussschale eine massive Kupferstange von 50 Mm. Durchmesser als Kern eingesetzt und um diese herum das Metall gegossen wird. Das Kupfer wirkt wärmeentziehend auf die Bronze und wird später durch Ausbohren entfernt. Die in solcher Weise gegossenen Geschützrohre bilden die erste Anfertigungsstufe für die in neuerer Zeit mehrfach in politischen und wissenschaftlichen Blättern besprochenen Stahlbronzegeschütze, von deren weiterer Anfertigung später (unter dem Abschnitte „Formveränderung durch mechanische Kraft") die Rede sein wird[2]).

Die Gussschalen, sie mögen nun für sich allein die vollständige Gussform (bei Zink, Zinn und Bleiguss) oder nur Theile der Gussform bilden, erhalten gewöhnlich vor dem Gusse einen dünnen, isolirenden Ueberzug, um ein Anschmelzen des eingegossenen Metalls zu verhüten. Gusseiserne Schalen reibt man mit Oel, Talg, Wachs oder Graphit ein, Messingformen für Zinkguss erhalten durch Bestreichen mit einer Lösung von Silbernitrat in verdünnter Salpetersäure einen schwachen Silberüberzug, Zink-, Zinn- und Bleiformen werden mit Bolus oder Kienruss bestrichen oder über einer qualmenden Oel- oder Kienflamme angeblakt u. s. f.

---

[1]) Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Jahrgang 1875, S. 174.

[2]) Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 217, S. 122.

Literatur über Gussformen aus starrem Materiale:

Abbas, Handbuch der Metallgiesserei, Weimar 1875, enthält auf Seite 100 u. ff., sowie Taf. XVIII und XIX Beschreibung und Abbildung von Gussformen für Gold, Silber, Zink, Zinn und Blei.

Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, 2. Bd. (Leipzig 1875), S. 613 bis 627 (Mittheilungen und theoretische Betrachtungen über Anwendung von Gussschalen bei Verarbeitung des Gusseisens).

---

## Die Fertigstellung der Gussformen für die Aufnahme des geschmolzenen Metalls.

In dem Vorstehenden wurden die Gussformen und ihre Herstellung bis zu dem Punkte einer Besprechung unterzogen, wo sie hinsichtlich ihrer äussern Form eben geeignet sind, als formgebende Apparate zu dienen. Bevor jedoch das flüssige Metall in die fertig zusammengestellte Gussform eingegossen werden kann, sind noch gewisse Vorsichtsmaassregeln erforderlich, welche den Zweck haben, ein durch den hydrostatischen Druck des flüssigen Metalls bewirktes Auseinandertreiben der Gussform — besonders wenn sie aus mehreren Theilen zusammengesetzt ist — und ein dadurch unfehlbar eintretendes Ausströmen des flüssigen Metalls durch die entstandenen Fugen zu verhindern. Dieser Druck des flüssigen Metalls kann bei hohen Eingüssen und grossem Querschnitte der Gussform ein recht beträchtlicher werden. Wenn $h$ die Höhe der über einem beliebigen Punkte der Gussform stehenden Metallsäule bezeichnet, $g$ das Gewicht des Metalls pro Volumeneinheit (z. B. Cubikmeter), so ist der vom Metalle an jenem Punkte ausgeübte, auf Auseinandertreiben der Gussform gerichtete Druck pro Flächeneinheit (Quadratmeter) $D = h\,g$.

Bei Herdgussformen ist die Gussform durch ihre Lage in dem Herde gegen diesen Druck hinreichend geschützt; bei Kastengussformen wird der Druck, sofern der Formkasten solide genug gearbeitet ist, insoweit von den Formkastenwänden aufgenommen, als seine Richtung normal gegen dieselben trifft; alle Druckkräfte aber, welche nicht normal gegen diese Wände gerichtet sind, streben entweder, das Formmaterial aus den offenen Stellen des Kastens herauszudrücken oder die ganzen Theile der Gussform aus einander zu treiben. Es sei z. B. eine gusseiserne Platte 3 Meter lang, 2 Meter breit zu giessen und in einem zweitheiligen Formkasten in horizontaler Lage eingeformt. Die an verschiedenen Stellen angebrachten Eingüsse seien 0,25 M. hoch von der Oberkante der Platte aus gemessen. Ein Cubikmeter Gusseisen wiegt 7250 Kilogramm, demnach ist der Druck gegen die Wände der Gussform pro Quadratmeter $h\,g = 0{,}25 \times 7250 = 1812{,}5$ Kilogramm, und der totale Druck, welcher gegen den Oberkasten der Gussform wirkt und diesen emporzuheben strebt:

$$3 \times 2 \times 1812{,}5 = 10\,875 \text{ Kilogramm.}$$

Es leuchtet ein, dass bei solchem Drucke weder das eigene Gewicht der Gussform sammt ihrer Rüstung, noch die bisher beschriebenen Verbindungsweisen der einzelnen Gussformtheile ausreichend sein werden, ein Auseinandertreiben derselben zu verhüten. Kleine Formkasten spannt man in solchen Fällen zwischen Lehrbretter (Seite 141), die durch Schraubenzwingen zusammengehalten werden; grössere belastet man mit aufgelegten Beschwerungseisen, welche mit den Enden auf den Rändern des Kastens aufliegen müssen. Gewöhnlich benutzt man dazu prismatische Gusseisenstücke, auch Roheisenbarren eignen sich für diesen Zweck. Grosse Formkastentheile werden ausserdem mit Hülfe von Splinten, welche durch die Dübel gesteckt werden, mit einander fest verbunden. Die Bemessung der richtigen Belastung eines Formkastens gegen das Auseinandertreiben ist eine wichtige Bedingung für das Gelingen des Gusses.

Dammgruben. Bei allen freien Gussformen ist natürlich ein einseitiges Beschweren wie bei Kastengussformen nicht ausreichend, dem Drucke des Metalls hinreichenden Widerstand zu leisten, da die in seitlicher Richtung thätigen Kräfte hier nicht wie bei letzteren in dem Formkasten einen soliden Widerstand finden. Man richtet deshalb für solche Gussformen eine vor Feuchtigkeit geschützte Vertiefung in dem Erdboden des Giesslocals her, in welcher dieselben völlig in porösen Sand eingegraben und auf solche Weise gegen den Druck des Metalls geschützt werden können. Diese Vertiefung heisst Dammgrube.

Dieselbe hat cylindrische, bisweilen auch prismatische Form und ist durch einen wasserdichten Mantel aus Eisenblech, Gusseisen oder Mauerung gegen das Eindringen von Feuchtigkeit von aussen her geschützt. Die cylindrische Form leistet dem Erddrucke den grössten Widerstand und ist deshalb, wo nicht ganz besondere Gründe dagegen sprechen, die geeignetste; je tiefer die Dammgrube, je grösser also der Erddruck ist, desto weniger geeignet ist eine prismatische Form.

Der Durchmesser und die Tiefe der Dammgruben sind, den verschiedenen Bedürfnissen entsprechend, sehr verschieden; für die meisten reicht eine Tiefe von 4 M. bei einem Durchmesser von 3 bis 4 M. aus, und wo nur kleine Abgüsse gefertigt werden, sind jene Abmessungen nicht selten erheblich geringer.

Die Wahl des Materials zu den Dammgrubenmänteln ist von verschiedenen Umständen abhängig. Schmiedeeiserne Mäntel sind am billigsten herzustellen, widerstehen aber am wenigsten den chemischen Einflüssen der Feuchtigkeit. Enthält das Grundwasser freie Säuren oder saure Salze, so ist nicht zur Anwendung von Schmiedeeisen zu rathen. Gusseisen hat eine längere Dauer als Schmiedeeisen, eignet sich aber weniger für cylindrische Form der Grube wegen der Schwierigkeit des Gusses, erfordert eine umständlichere Verdichtung und ist aus diesen Gründen nur für flache Gruben mit quadratischem oder rectangulärem Grundrisse in Anwendung. Bei viel benutzten Gruben veranlasst die geringere Wider-

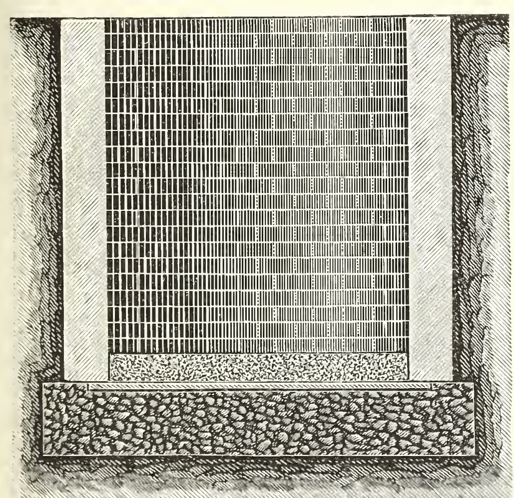
standsfähigkeit des Gusseisens gegen Zerspringen gerechte Bedenken gegen dessen Verwendung, da bei wasserhaltigem Boden ein einziger Sprung die ganze Dammgrube unbrauchbar machen kann.

Gemauerte Dammgruben geben bei guter Ausführung die bei Weitem grösste Sicherheit gegen Beschädigungen aller Art und würden unbedingt allen übrigen vorzuziehen sein, wenn nicht ihre höheren Herstellungskosten in der Regel erheblich hierbei in die Wagschale fielen. Dennoch sollte bei viel benutzten Dammgruben in wasserreichem Erdreiche dieses Bedenken der Gefahr gegenüber ausser Acht fallen, bei Anwendung von Schmiedeeisen oder Gusseisen kostspielige Reparaturen oder gar eine Erneuerung der Dammgruben vornehmen zu müssen.

Die Anlage grosser Dammgruben ist besonders bei wasserreichem Boden eine nicht leichte Aufgabe und erfordert Ueberlegung und Sorgfalt. Häufig ist man genöthigt, nach dem Ausschachten des Bodens eine Holzwand zu ziehen, um das Nachstürzen des Erdreichs zu verhüten, bevor der Mantel eingebracht ist. Ist der Wasserandrang stark, so müssen Pumpen aufgestellt und Tag und Nacht in Thätigkeit erhalten werden, um das Ersaufen der Grube zu verhüten.

Den Dammgrubenmantel lässt man entweder im Ganzen hinunter oder man arbeitet ihn in der Grube zusammen, nachdem die Stücke vorher zusammengepasst waren. Blechcylinder von mittlerer Grösse lässt man gewöhnlich im Ganzen hinunter; bei sehr tiefen Gruben kann man vorher einzelne Ringe des Mantels zusammenarbeiten und sie in der Grube mit Schrauben oder Nieten an einander befestigen. Mäntel aus gusseisernen Platten schraubt man, um sie vor dem Zerbrechen zu bewahren, am besten in der Grube selbst zusammen. Man versieht sie zu diesem Zwecke mit einspringenden Flantschen, welche durch Hanfeinlage mit eingegossenem Blei oder auch durch eingetriebene Holzstückchen gedichtet werden.

Fig. 190.



Gemauerte Dammgrubenmäntel werden gleichfalls am sichersten an Ort und Stelle selbst aufgeführt. Alle Fugen müssen aufs Sorgfältigste mit Cement gemauert werden, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu hindern. Der Boden der Grube besteht, wenn der Mantel gemauert ist, gewöhnlich aus einer Betonschicht; dieselbe kann mit

einer starken gusseisernen Platte abgedeckt werden, über welche der Rand der Mauerung übergreift, und darüber kommt eine starke Lage von Cement (Fig. 190, a. v. S.).

Bei der Aufführung der Dammgruben darf man niemals vergessen, dass, wenn das Gewicht des hohlen verdichteten Dammgrubenmantels kleiner ist, als das Gewicht des verdrängten Grundwassers, der Mantel von dem Wasser gehoben wird und schwimmt. Während des Aufbaues muss derselbe deshalb entsprechend beschwert werden, wenn es nicht möglich ist, das Wasser durch Pumpen zu entfernen; und wenn auch nach der Vollendung sein eigenes Gewicht und die Reibung des Erdreichs noch nicht ausreicht, ihn vor dem Auftriebe zu schützen, so muss er an eingerammten Pfählen verankert oder in irgend einer Weise beschwert werden.

---

## 3. Das Schmelzen der Metalle.

Wenn die Fertigstellung der Gussformen vollendet ist oder sich ihrem Ende naht, beginnt das Schmelzen des für den Abguss bestimmten Metalls.

Entweder wird nur ein einziges, in seinen Eigenschaften den gestellten Erfordernissen schon entsprechendes Metall, eine bereits fertige Legirung geschmolzen; oder man benutzt den Schmelzprocess dazu, neue Metallgemische oder Legirungen zu bilden, wie sie eben für den vorliegenden Zweck geeignet sind. Bisweilen kann auch die Bildung solcher Legirungen, welche für spätere Verwendung in Vorrath gehalten werden sollen, der alleinige Zweck des Schmelzens sein.

Selten oder nie geht jedoch das Metall völlig unverändert aus dem Schmelzprocesse hervor. Schon die Berührung des flüssigen Metalls mit den Wänden des Schmelzapparats vermag in manchen Fällen chemische Veränderungen, wenn auch unerhebliche, hervorzurufen. Kommt der Brennstoff oder dessen Verbrennungsproducte mit dem Metalle zusammen, so finden nicht selten recht wahrnehmbare chemische Einwirkungen statt. Fast niemals ist auch ein Oxydationsprocess des Metalls oder dessen fremder Bestandtheile völlig vermeidlich. Unter Umständen kann diese Wirkung einem Raffinationsprocesse gleich sein, und das Metall geht veredelter aus dem Schmelzprocesse hervor; in anderen Fällen zeigt sich diese oxydirende Wirkung einfach als Verlust, indem die entstandenen Oxyde verschlackt und entfernt werden; man nennt diese durch Oxydation beim Schmelzen entstandene Einbusse am Gewichte des ursprünglich vorhandenen Metalls „Abgang“ oder „Abbrand“. Bei manchen Metallen lösen sich die entstandenen Oxyde im flüssigen Metalle und beeinflussen dessen Eigenschaften (Kupferoxydul, Zinnoxyd). Endlich kann aber der Oxydationsprocess auch solche Körper betreffen, deren Anwesenheit im Metalle für die Verwendbarkeit desselben nothwendig war, und dadurch die letztere beeinträchtigen. Wenn Gusseisen im flüssigen Zustande der Einwirkung von freiem Sauerstoff ausgesetzt wird, so oxydirt sich zunächst das Silicium desselben. Ein Uebermaass des Siliciumgehaltes macht das Gusseisen allerdings grobblättrig, brüchig; ein gewisses Maass desselben ist aber erforderlich, ihm den Charakter als graues, bearbeitbares Eisen zu wahren. Entzieht man ihm diesen, so entsteht hartes, sprödes, weisses Eisen. Je weniger siliciumreich das Gusseisen vor dem Schmelzen war, desto nachtheiliger wirkt demnach jede Oxydation.

Kommt geschmolzenes Messing mit atmosphärischer Luft in Berührung, so oxydirt sich zuerst das Zink und es hinterbleibt eine zink-

ärmere Legirung. Selbst die Kohlensäure der Verbrennungsgase vermag eine Oxydation des Zinks unter Bildung von Kohlenoxyd hervorzurufen. Aehnliche Fälle der veränderten Beschaffenheit von Legirungen und Metallen durch Oxydation sind zahlreich.

Auch durch einfache Verflüchtigung einzelner Bestandtheile, insbesondere von Zink, in hoher Schmelztemperatur der Legirungen kann deren Zusammensetzung geändert werden.

Meistens nimmt die Dichtigkeit der Metalle durch das Umschmelzen zu. Dieses Erfahrungsresultat gründet sich in einigen Fällen auf den soeben erwähnten Raffinationsprocess, anderntheils auch auf die Verflüchtigung gelöster Gase durch öfteres Schmelzen und Erstarrenlassen, sofern nicht der Schmelzprocess Gelegenheit zu erneuter Aufnahme von Gasen giebt. Man nimmt gewöhnlich an, dass Legirungen durch öfteres Umschmelzen gleichmässiger werden. Wie schon früher erwähnt, ist es jedoch keineswegs erwiesen, ob diese grössere Gleichmässigkeit eine directe Folge des Umschmelzens oder durch die Aufnahme von Metalloxyden hervorgerufen sei, deren Anwesenheit die Saigerung erschwert.

## Die Schmelzapparate.

Zur Durchführung des Schmelzprocesses ist ein Apparat erforderlich, in welchem Brennstoff verbrannt und die dabei entwickelte Wärme an das Metall abgegeben wird. Die Leistung oder der Wirkungsgrad eines Schmelzapparats lässt sich demnach ermitteln, indem man die vom geschmolzenen und auf die zum Giessen erforderliche Temperatur erhitzten Metalle wirklich aufgenommene Wärme dividirt durch diejenige Wärmemenge, welche der verbrauchte Brennstoff bei vollständiger Verbrennung zu entwickeln fähig ist.

Eine Ermittelung, ob oder in welchem Grade jene Vollständigkeit der Verbrennung in dem Schmelzapparate erreicht wurde, ist hierbei nicht erforderlich; denn der Wirkungsgrad des Apparats pflegt eben wenigstens zum Theile auf der vollständigeren oder weniger vollständigen Verbrennung zu beruhen, welcher derselbe den ihm zugewiesenen Brennstoff zu unterziehen fähig ist. Je unvollständiger die Verbrennung ausfällt, desto niedriger wird sich natürlich der Wirkungsgrad des Apparats beziffern; für den abstracten Vergleich verschiedener Apparate kann es aber nicht berücksichtigt werden, ob die ungünstigere Leistung durch unvollständige Verbrennung oder andere Ursachen hervorgerufen worden ist[1]).

[1]) Dem Verfasser scheint es, als sei in ähnlichen Ermittelungen der Unterschied nicht immer scharf genug hervorgehoben worden, ob es sich um Brennstoffausnutzung oder Wärmeausnutzung in einem pyrotechnischen Apparate handelt. Den auf ersterer beruhenden Wirkungsgrad könnte man vielleicht den absoluten, den auf letzterer beruhenden, dessen Berechnung erst die Ermittelung vorausgehen muss, welche Wärmemenge der Brennstoff thatsächlich entwickelt hat, den relativen Wirkungsgrad nennen. Für Gegenüberstellung von Vergleichsresultaten dürfte der erstere wichtiger als letzterer

Nach der Art und Weise, in welcher jene für den Schmelzprocess erforderliche Wärme entwickelt und an das zu schmelzende Metall abgegeben wird, lassen sich die Schmelzapparate in vier Hauptgruppen eintheilen.

## Erste Gruppe. Kessel.

Das zu schmelzende Metall befindet sich in einem oben offenen Gefässe, dessen Boden und Seiten erhitzt werden und durch Leitung (Transmission) die Wärme an das Metall übertragen. Die obere, offene Seite des Gefässes kann weder mit dem Brennmateriale noch mit den Verbrennungsproducten in Berührung kommen, so dass das Metall jeder Einwirkung dieser Körper entzogen ist; wohl aber ist die Oberfläche desselben der atmosphärischen Luft ausgesetzt, sofern sie nicht durch einen Deckel oder eine Decke indifferenter Körper (Kohlenlösche) geschützt ist.

Das Schmelzgefäss (der Kessel) ist fast immer mit der darunter befindlichen Feuerungsanlage durch Einmauerung fest verbunden und wird nur behuf der Auswechselung beim Schadhaftwerden daraus entfernt. Die Entleerung von dem geschmolzenen Metalle erfolgt daher entweder durch Ausschöpfen mit Kellen oder durch Oeffnen einer während des Schmelzens verschlossen gehaltenen Abflussöffnung am Boden des Kessels.

Die Wärmeabgabe an das Metall geht um so günstiger vor sich, je grösser die Wärmeleitungsfähigkeit des Kesselmaterials ist. Deshalb benutzt man am üblichsten Gusseisen. Die Wärmeausstrahlung von der verhältnissmässig grossen Oberfläche des Metallbades aus, gleichbedeutend mit Wärmeverlust, ist um so beträchtlicher, je höher das Metall erhitzt ist.

Aus diesen Eigenthümlichkeiten der Kessel folgt, dass sich nur solche Metalle zum Schmelzen in Kesseln eignen, welche einestheils keine hohe Schmelztemperatur besitzen und anderntheils mit dem Materiale des Kessels nicht leicht Verbindungen eingehen. Man schmilzt in eisernen Kesseln Zinn, Blei, auch vielfach Zink, obgleich dieses gern eine Eisenzinklegirung bildet, welche sich am Boden des Kessels als schwerflüssige, krystallinische Masse sammelt und von Zeit zu Zeit entfernt werden muss; ferner die Legirungen jener drei Metalle unter sich und mit Antimon und Wismuth.

Die Form der Kessel ist meistens annähernd halbkugelförmig, weil das Gefäss bei dieser Form weniger als bei grösserer Tiefe, welche allerdings eine günstigere Wärmeausnutzung gestatten würde, dem Zerspringen ausgesetzt ist, während eine flachere Form ebensowohl die Wärmeaufnahme beeinträchtigen, als den Wärmeverlust durch Ausstrahlung begünstigen würde.

Da jede Einwirkung des Brennstoffs und der Verbrennungsproducte auf das Metall ausgeschlossen ist, lässt sich zur Erhitzung der Kessel

---

sein. Vergl. u. A. Dürre, Studien über die Ausnutzung der Wärme in den Oefen der Hüttenwerke, Dingler's polyt. Journal, Bd. 220, S. 247.

jedes beliebige Brennmaterial benutzen, sobald es die nöthige Wärmemenge und den nöthigen Wärmegrad zu entwickeln im Stande ist. Meistens benutzt man flammende Brennmaterialien: Steinkohle, Braunkohle, Torf, Holz; verkohlte nur da, wo sie als Nebenproducte billig zu beschaffen sind (Gaskoks), gasförmige Brennmaterialien — Leuchtgas oder Generatorgase — nur selten.

Die Figuren 191, 192 und 193 stellen sogenannte Pattinson-Kessel zum Schmelzen silberhaltigen Bleies dar[1]).

Fig. 191.

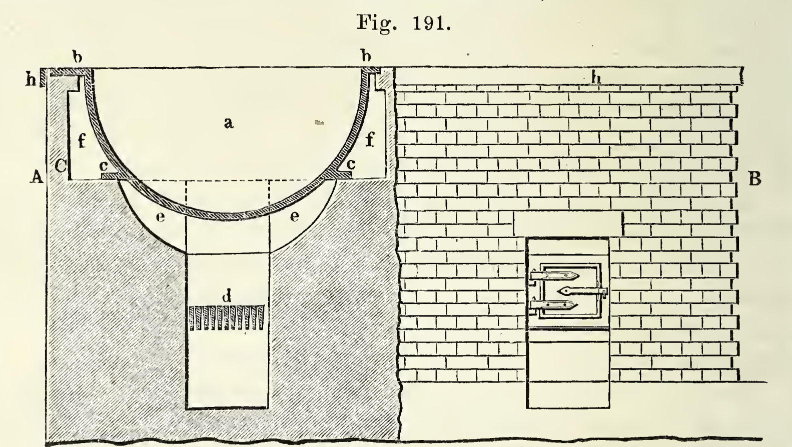
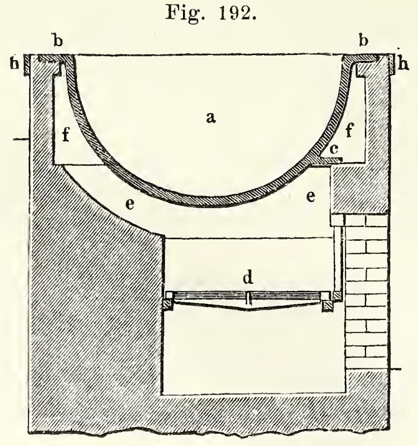



Fig. 191 ist der senkrechte Durchschnitt durch einen Kessel und die vordere Ansicht des Ofens für den daneben liegenden Kessel, Fig. 192 der senkrechte Schnitt nach der Linie *CD*; Fig. 193 der Grundriss einer Feuerung und eines Kessels. Die Kessel sind mit angegossenem Borde *c* versehen, wodurch die Feuerung in zwei Abtheilungen getheilt wird; die Flamme erhitzt zuerst den Boden, steigt dann bei *G* empor in den Canal *f*, umstreicht den Kessel in beiden Richtungen und entweicht schliesslich durch *g*.

Fig. 192.

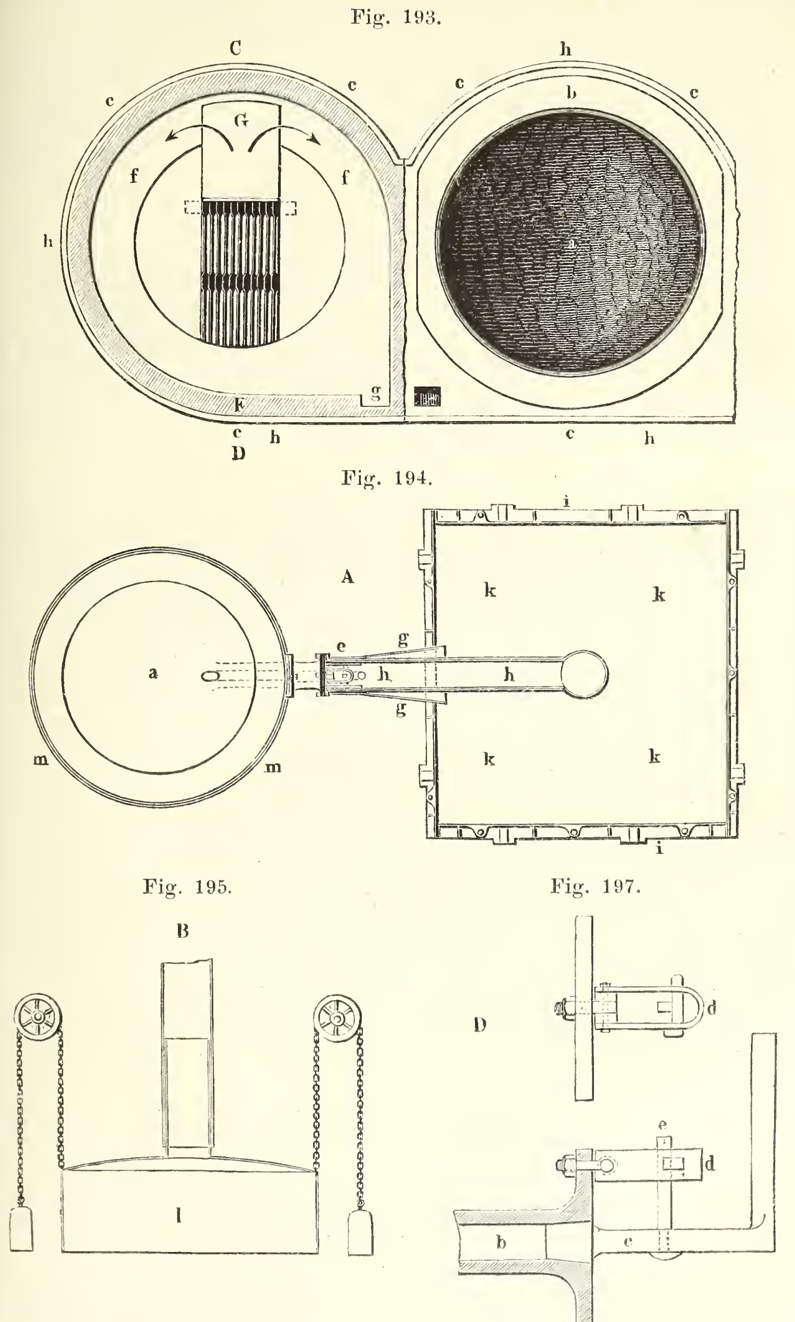



Die Figuren 194, 195, 196 und 197 stellen einen Kessel mit Entleerungsvorrichtung und Gussform zum Eingiessen des flüssigen Bleies dar[2]).

*a* ist der gusseiserne Kessel, im Boden 40 Mm., am Rande 20 Mm. stark. Darunter befindet sich die Feuerung, und die Gase werden durch

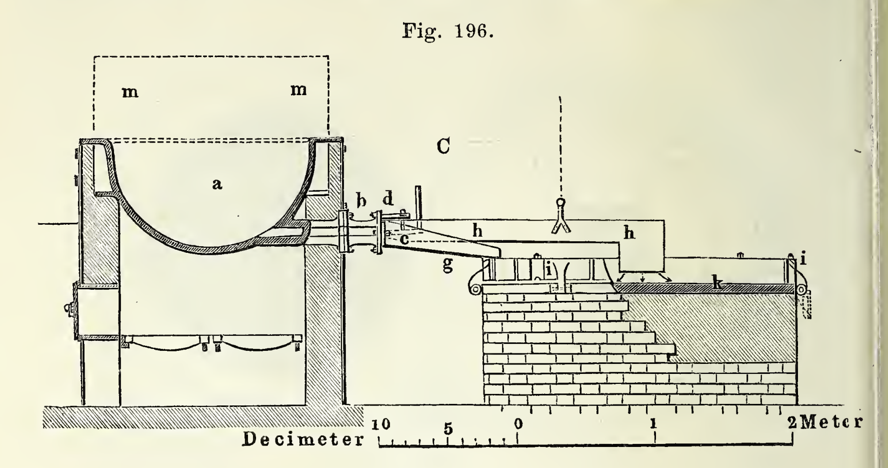
[1]) Aus Percy, Metallurgie Bd. III, bearbeitet von Rammelsberg, Braunschweig 1873, S. 77. [2]) Ebendaselbst S. 340.

den angegossenen Bord in ähnlicher Weise wie bei der vorhin beschriebenen Anlage um den Kessel herumgeführt. Der Ofen ist mit Eisenplatten



und umgelegten schmiedeeisernen Ankern armirt. *b* ist das Ausflussrohr von 75 Mm. Durchmesser, durch den schmiedeeisernen, in die Oeffnung

Fig. 196.




genau passenden Stopfen *c* verschlossen, dessen Stellung durch den Bügel *d* regulirt wird (s. Fig. 197). *h* ist eine Rinne aus 12 Mm. starkem Eisenblech, vor der Mündung des Ausflussrohrs beginnend und dazu bestimmt, das flüssige Blei bis in die Mitte der Gussform zu führen; *g* ist eine zweite Rinne, ebenfalls aus Eisenblech, zu dem Zwecke, das aus *h* überfliessende Blei aufzunehmen. *l* (Fig. 195) ist eine Haube aus dünnem Eisenblech zum Schutze der Oberfläche gegen die Einwirkung der atmosphärischen, oxydirend wirkenden Luft und gegen reichliche Wärmeausstrahlung, mit einem Abzugsrohre für entweichende Gase versehen, welches sich teleskopenartig in einem feststehenden Rohre verschiebt, und mit Gegengewichten zur Ausgleichung des eigenen Gewichts. *m* ist eine Schutzwand aus Eisenblech zur Vermeidung von Bleiverlusten beim Einwerfen der Bleistücke. Die Gussform (das Gussbett) besteht aus der Bodenplatte *k*, ein wenig concav geformt, 2,16 M. lang, 2,13 M. breit, 75 Mm. stark, und den vier Seitenplatten *i*, 180 Mm. hoch, welche beweglich und an den Ecken durch Schraubenbolzen verbunden sind.

Die **Werkzeuge** und **Geräthe** beim Kesselschmelzen beschränken sich auf die zur Wartung des Feuers und Ausschöpfen des Metalls benutzten.

Das **Arbeitsverfahren** ist ein sehr einfaches und besteht in der Unterhaltung des Feuers, Einsetzen des Metalls, Entleeren des Kessels. In Giessereien, wo der Betrieb ununterbrochen fortgeht, pflegt man den Inhalt des Kessels etwas reichlich zu nehmen und frisches Metall nachzusetzen, bevor das geschmolzene völlig verbraucht ist, so dass ersteres schon durch die überschüssige Wärme des letztern zum Schmelzen kommt. Schmilzt man mehrere Metalle zu Legirungen zusammen, so setzt man gewöhnlich diejenigen zuerst ein, welche die höhere Schmelztemperatur

besitzen, und erst, wenn diese in Fluss gekommen sind, setzt man die bei niedrigerer Temperatur schmelzbaren Metalle hinzu.

Zur Berechnung des **Wirkungsgrades** der Kesselöfen dienten dem Verfasser folgende Ermittelungen.

1. Bei den königlich sächsischen Muldener Hütten bei Freiberg wurden 14 650 Kilogramm Weichblei in Gestalt von Blöcken in den kalten Kessel eingesetzt und geschmolzen und dazu 270 Kilogramm Braunkohlen, bestehend aus:

| | | |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | 49 | Proc. |
| Wasserstoff | 4 | " |
| Sauerstoff | 12 | " |
| Wasser | 30 | " |
| Asche | 5 | " |

und 81 Kilogramm Steinkohlen, bestehend aus:

| | | |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | 65 | Proc. |
| Wasserstoff | 3 | " |
| Sauerstoff | $8^1/_2$ | " |
| Wasser | $5^1/_2$ | " |
| Asche | 18 | " |

verbraucht.

Die theoretische Wärmeleistung der Brennmaterialien berechnet sich dieser Zusammensetzung zufolge:

von 1 Kilogramm Braunkohlen

$$0{,}49 \times 8080 + \left(0{,}04 - \frac{0{,}12}{8}\right) 34\,462 = 4820 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

von 1 Kilogramm Steinkohlen:

$$0{,}65 \times 8080 + \left(0{,}03 - \frac{0{,}085}{8}\right) 34\,462 = 5940 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

1 Kilogramm Weichblei enthält im geschmolzenen Zustande bei der in den Kesseln erreichten Temperatur nach den Versuchen des Verfassers (durch Eingiessen in Wasser) durchschnittlich 20 Wärmeeinheiten, demnach ist der Wirkungsgrad des Schmelzapparates

$$E = \frac{14\,650 \times 20}{270 \times 4820 + 81 \times 5940} = 0{,}164.$$

2. Bei demselben Hüttenwerke wurden 14 000 Kilogramm Antimonblei, $16^1/_2$ Proc. Antimon enthaltend, geschmolzen und dazu 150 Kilogramm Braunkohlen von der oben gegebenen Zusammensetzung, und 180 Kilogramm Steinkohlen, bestehend aus:

| | | |
|---|---|---|
| Kohlenstoff | 69 | Proc. |
| Wasserstoff | 3 | " |
| Sauerstoff | $9^1/_2$ | " |
| Wasser | 2 | " |
| Asche | $16^1/_2$ | " |

verbraucht.

Die theoretische Leistung der Braunkohlen beträgt nach Obigem per 1 Kilogramm 4820 Wärmeeinheiten, die theoretische Leistung der Steinkohlen berechnet sich per 1 Kilogramm:

$$0{,}69 \times 8080 + \left(0{,}03 - \frac{0{,}095}{8}\right) 34\,462 = 6195 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

1 Kilogramm Antimonblei enthält im geschmolzenen Zustande bei der dafür üblichen Temperatur nach den Ermittelungen des Verfassers 30 Wärmeeinheiten, demnach Wirkungsgrad des Apparats:

$$E = \frac{14\,000 + 30}{150 \times 4820 + 180 \times 6195} = 0{,}228.$$

Der Wirkungsgrad der Kesselöfen wird ein geringerer, wenn das Metall lange Zeit flüssig erhalten werden muss. Um auch einen in dieser Beziehung sehr ungünstigen Fall der Berechnung zu unterziehen, wurde das Schmelzen der beim Pattinsoniren fallenden Bleikrystalle benutzt, welche in den nächst niedrigen, vorher erhitzten Kessel übergeschöpft werden.

Man schmolz 95 475 Kilogramm Weichblei und gebrauchte dazu 2550 Kilogramm Braunkohlen und 990 Kilogramm Steinkohlen, beide von derselben Zusammensetzung, wie bei dem unter 1 gegebenem Beispiele. Es berechnet sich hiernach der Wirkungsgrad des Kesselofens:

$$E = \frac{95\,475 \times 20}{2550 \times 4820 + 990 \times 5940} = 0{,}105.$$

Als durchschnittliches Resultat aus allen drei Versuchen ergiebt sich ein Wirkungsgrad $E = 0{,}165$.

## Zweite Gruppe: Tiegelöfen.

Das Metall befindet sich in einem Gefässe, dem Tiegel, welches rings von dem Brennmateriale oder den bereits entwickelten brennenden Producten desselben (der Flamme) umgeben ist. Die Wärmeabgabe findet auch hier grösstentheils durch die Wände des Tiegels hindurch statt, die Wärmeverluste durch Ausstrahlung von der freien Oberfläche, wie bei den in Kesseln geschmolzenen Metallen, fallen dagegen weg. Das Metall ist während des Schmelzens der Einwirkung atmosphärischer Luft gänzlich entzogen, das Brennmaterial aber kann auf die Oberfläche des Metalls Einwirkungen ausüben, sofern der Tiegel nicht, wie es zur Vermeidung dieses Einflusses häufig geschieht, durch einen Deckel geschlossen ist. Der Tiegel und der zur Wärmeentwickelung dienende Ofen bilden jeder für sich ein selbstständiges Ganze ohne feste Verbindung, und der erstere wird zur Entleerung nach dem Schmelzen aus dem Ofen herausgenommen. Diese Eigenthümlichkeit beschränkt die Grösse und den Fassungsraum eines einzelnen Tiegels, weil die Beschwerlichkeit

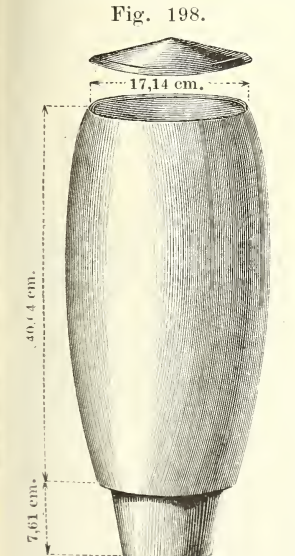
des Heraushebens und die Gefahr, den hoch erhitzten und mit Metall belasteten Tiegel zu beschädigen, mit der Grösse desselben wächst. Der Inhalt eines Tiegels ist daher selten grösser als 30 Kilogramm, doch kommen Fälle vor, z. B. in Münzwerkstätten, wo ein einziger Tiegel 1100 bis 1200 Kilogramm fasst, weil bei einer Vertheilung des zu schmelzenden Metalls in mehrere Tiegel es schwieriger sein würde, die unerlässliche durchaus gleichartige Zusammensetzung und Beschaffenheit des geschmolzenen Metalls zu erlangen.

Die Form der Tiegel ähnelt der eines Cylinders mit geschlossenem Boden, gewöhnlich in der Mitte der Höhe mit mehr oder minder starker Ausbauchung. Ganz kleine Tiegel besitzen bisweilen gleichseitig-dreieckige Grundform mit Erweiterung nach oben. Das Verhältniss zwischen innerem Durchmesser und Höhe pflegt $^1/_3$ bis $^1/_2$ zu betragen, ohne dass hierfür eine bestimmte Regel gegeben wäre.

Sehr grosse Tiegel fertigt man bisweilen aus Guss- oder Schmiedeeisen; bei der verhältnissmässig geringen Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen die Einflüsse des Brennmaterials und der Verbrennungsproducte in hoher Temperatur und bei der Neigung der geschmolzenen Metalle, Eisenlegirungen zu bilden, ist ein weit häufiger verwendetes Material der feuerfeste Thon. Man verarbeitet ihn entweder für sich (Thontiegel) oder unter Zusatz reichlicher, bis 50 Proc. des Gemischs betragender Mengen von Graphit (Graphittiegel).

Gewöhnlich wird der Tiegel beim Schmelzen auf einen niedrigen Untersatz, gleichfalls aus feuerfester Masse bestehend, gestellt, den man Käse nennt (s. Fig. 198, einen Tiegel nebst Käse zum Gussstahlschmelzen darstellend).

Fig. 198.




Die Tiegel eignen sich zum Schmelzen aller nur bei hoher Temperatur schmelzbaren und deshalb für Kesselschmelzen nicht mehr geeigneten Metalle, welche vor den Einwirkungen des Brennmaterials, der Verbrennungsproducte und der atmosphärischen Luft geschützt werden müssen: Gussstahl, Kupfer, Tombak, Messing, Silber, Nickel, Neusilber und andere; oder bei denen wegen ihrer Kostbarkeit jeder mechanische Verlust möglichst vermieden werden soll, z. B. Gold; oder endlich solcher Metalle, die zwar auch in Apparaten der dritten und vierten Gruppe geschmolzen werden könnten, deren Menge aber so unbedeutend ist, dass die Anwendung eines grössern Schmelzapparats nicht zweckdienlich erscheinen kann; hierher gehören kleine Mengen von Bronze, Gusseisen und andere.

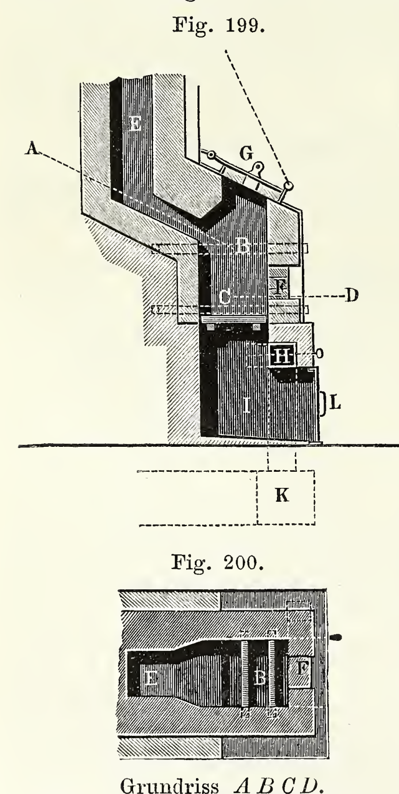
Man verwendet zum Erhitzen der Tiegel festes verkohltes Brennmaterial (Koks oder Holzkohlen), flammendes Brennmaterial (Holz, Torf,

Braunkohlen, Steinkohlen), gasförmiges Brennmaterial (Generatorgase oder Leuchtgas). Hiernach lassen sich die Tiegelöfen folgendermaassen eintheilen:

## Tiegelschachtöfen für festes Brennmaterial.

### a. Mit natürlichem Luftzuge.

Der Tiegel steht innerhalb eines schachtförmigen Raumes auf einem Planroste, welcher zur Zuführung der Verbrennungsluft dient, während die Verbrennungsgase im obern Theile des Schachts durch einen Fuchs nach der Esse entweichen, welche zur Hervorbringung des Luftzuges dient. Die Figuren 199 und 200 stellen einen solchen Tiegelschachtofen dar. *C* ist der Rost, *G* die Einschüttöffnung für die Kohlen, durch einen Deckel geschlossen, der aus einem gusseisernen Rahmen mit Chamottefutter besteht, zum Aufklappen eingerichtet und mit Gegengewichten an einer Kette versehen ist. *F* ist eine Oeffnung zum Einsetzen und Herausnehmen kleiner Tiegel, während grössere durch die obere Oeffnung hinein- und hinausgebracht werden. *I* ist der Aschenfall, *E* die Esse. Durch umgelegte Anker ist der Ofen vor dem Auseinandertreiben geschützt.



Grundriss *A B C D*.

Ein derartiger Ofen im Eisenhüttenlaboratorium der königlichen Bergakademie zu Freiberg hat einen Schacht mit quadratischem Querschnitte von 350 Mm. Seitenlänge, Höhe des Schachts von Oberkante des Rosts bis Unterkante des Fuchses 350 Mm., bis zur Mitte der Einschüttöffnung 665 Mm., Höhe des Fuchses 125 Mm., Breite desselben 250 Mm., Weite der Esse 250 Mm. im Qradrate, Essenhöhe 19 M. Es wird ein Tiegel eingesetzt, welcher ca. 6 Kilogramm Metall (Gusseisen, Gussstahl, Kupfer und dergleichen) fasst. (Siehe auch Fig. 157 auf S. 174.)

Sollen zwei Tiegel in einen gemeinschaftlichen Ofen eingesetzt werden, so giebt man dem Schachte gern eine oblonge Form. Durch Einsetzen mehrerer Tiegel in einen gemeinschaftlichen grössern Ofen fällt der rela-

tive Brennstoffverbrauch im Allgemeinen geringer aus, als wenn für je einen Tiegel ein besonderer Ofen angewendet wird; denn die Wärmeverluste verringern sich, wenn das Verhältniss zwischen der zu erhitzenden Oberfläche des Ofens und derjenigen der Tiegel kleiner wird. Man wendet deshalb auch wohl Oefen für vier bis acht, selten aber für mehr Tiegel an, denn je grösser der Durchmesser des Ofens ist, desto schwieriger wird die Bedienung, desto ungleichmässiger die Erhitzung und desto grösser die Abnutzung der Tiegel in Folge jener ungleichmässigen Erhitzung.

Bei allen Oefen muss die Unterkante des Fuchses höher liegen als die Oberkante des grössten einzusetzenden Tiegels und zwischen Tiegelwand und Innenseite des Schachts mindestens 50 Mm. Abstand bleiben, damit das Niedersinken des Brennmaterials nicht behindert werde.

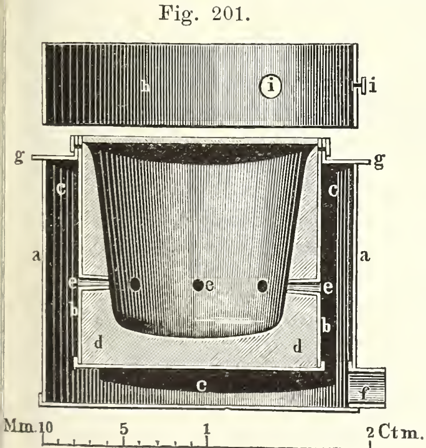
Unter Umständen kann es zweckmässig sein, den Tiegelofen so vertieft einzubauen, dass die Füllöffnung mit dem Boden der Giesserei in gleicher Horizontalebene oder nur wenig höher liegt, die Füllöffnung muss in diesem Falle auch zum Einsetzen und Herausnehmen der Tiegel benutzt werden, und es ist Sorge zu tragen, dass die Luft ungehinderten Zutritt zum tiefliegenden Roste erhält, und der Aschenfall zugänglich bleibt.

### b. Mit Gebläseluft.

Zur Ersparung der Esse wendet man bisweilen Oefen mit Unterwind an, welche sich in ihrer Construction von den oben beschriebenen nur dadurch unterscheiden, dass der Aschenfall durch eine Thür möglichst luftdicht geschlossen ist und unter den Rost Gebläsewind (von einem Ventilator oder Dampfstrahlgebläse) geführt wird.

Bei den eigentlichen Gebläsetiegelöfen fällt jedoch der Rost weg und der Wind wird durch eine Anzahl Düsen in den Ofen geführt. Der üblichste dieser Oefen ist der Sefström'sche Gebläseofen, welcher in Fig. 201 abgebildet ist. Ein mit feuerfestem Thone ausgekleideter Eisenblechcylinder *b*, welcher den eigentlichen Schacht bildet, ist concentrisch von einem zweiten Eisenblechcylinder *a* umgeben, so dass zwischen beiden der von allen Seiten luftdicht abgeschlossene Windbehälter *c* bleibt. Der Wind strömt durch *f* nach *c*, vertheilt sich rings um den Cylinder *b* und gelangt dann durch die 6 bis 8 Düsen nach *e* in den Schmelzraum.

Fig. 201.

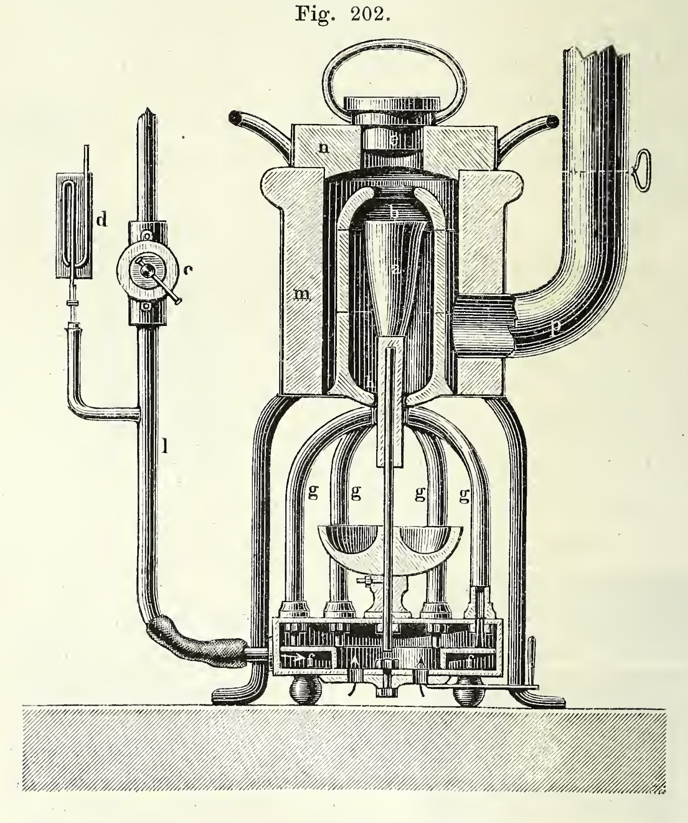


Der Hauptnachtheil der Gebläsetiegelöfen liegt in der Mehrausgabe, welche durch die Beschaffung des Gebläsewindes allemal veranlasst wird; dagegen ist die Esse entbehrlich oder nur so weit erforderlich, als sie einfach zur Ableitung der Verbrennungsproducte dient. Sie sind im Allgemeinen weit weniger in Anwendung, als die Oefen mit natürlichem Luftzuge.

## Tiegelschachtöfen für gasförmiges Brennmaterial.

Man benutzt ausschliesslich Leuchtgas. Die Verbrennungsluft wird durch eine Esse angesaugt, seltener durch ein Gebläse zugeführt. Der üblichste Apparat dieser Art ist von Perrot in Genf erfunden und in Fig. 202 abgebildet. Der Tiegel *a* steht auf einem Untersatze, der

Fig. 202.




auf einer senkrechten Stange befindlich und in seiner Höhe verstellbar ist, um Tiegel verschiedener Höhe anwenden zu können. Das Gas kommt durch das mit einem Hahn *c* und Manometer *d* zur Regulirung versehene Zuflussrohr *l*, tritt in den ringförmigen Behälter und von diesem durch die Rohre *g* und die Oeffnung *h* in den Ofen, nachdem an der Ausfluss-

mündung der Rohre die Entzündung stattgefunden hat. Die Verbrennungsluft tritt bei *f* zu und mischt sich innerhalb der Rohre *g* mit dem Gase. Der eigentliche Ofen wird gebildet durch den innern Cylinder, welcher oben durch eine kleine bewegliche Kuppel *b* abgedeckt wird, und den äussern Mantel *m*. Oben ist der Ofen durch den Deckel *n* verschlossen, in dessen Mitte sich das durch einen Stopfen verschlossen gehaltene Schauloch *e* befindet, um das Schmelzen beobachten und nach Bedürfniss Metall nachsetzen zu können. Die Gase, nachdem sie den Tiegel umspült haben, ziehen in dem ringförmigen Raume zwischen dem innern Ofen und dem Mantel *m* abwärts und entweichen schliesslich durch das Rohr *p* nach der Esse [1]).

Die Tiegelschachtöfen für gasförmiges Brennmaterial haben den Vorzug, dass ihre Bedienung einfach ist, die lästige Anhäufung von Aschen und Schlacken gänzlich fortfällt, das Schmelzen sich leicht überwachen und mit dem Auge verfolgen lässt. Der ganze Betrieb zeichnet sich durch Eleganz gegenüber dem Betriebe mit festem Brennmateriale aus. Leuchtgas ist aber überall ein kostspieliges Brennmaterial und nicht einmal in jeder Werkstatt zu haben. Für einen Betrieb aber von solchem Umfange, dass die Anlage eines Gasgenerators zweckmässig erscheinen könnte, wird man kaum noch Tiegelschachtöfen benutzen, sondern die sogleich zu beschreibenden Herdöfen anwenden. Diese Umstände lassen die Schachtgasöfen für Tiegelschmelzen nur in solchen Fällen zweckmässig erscheinen, wo es darauf ankommt, rasch kleinere Mengen Metall zu schmelzen, in Laboratorien, in den Werkstätten der Gold- und Silberarbeiter, Juweliere u. s. w.

## Tiegelherdöfen (Tiegelflammöfen).

Man vereinigt gewöhnlich vier bis acht Tiegel in einem gemeinschaftlichen Ofen. Aus diesem Grunde eignen sich diese Oefen vorzugsweise für einen Betrieb in grösserm Umfange. Die Tiegel stehen auf dem horizontalen, von einem Gewölbe überspannten Herde (Tische) und werden von den brennenden Gasen umspült, welche auf der einen Seite des Herdes zuströmen, auf der andern Seite durch einen Fuchs abziehen. Bestehen die Gase aus der Flamme des dicht neben dem Herde auf einem Roste verbrennenden Brennmaterials, so nennt man die Feuerung direct; werden sie in einem Generator entwickelt und in Leitungen dem Verbrennungsherde zugeführt: Gasfeuerung.

Der Hauptvortheil der Tiegelflammöfen liegt in der Benutzung unverkohlten, also billigern Brennmaterials als bei den Tiegelschachtöfen;

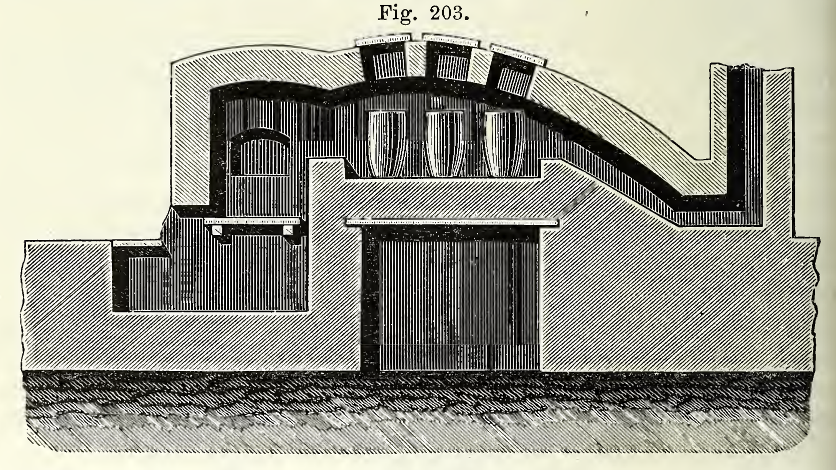
---

[1]) Ueber einen von Wiessnegg in Paris gebauten Gebläse-Gasofen zur Erzeugung sehr hoher Temperaturen siehe Dingler's Polytechnisches Journal Bd. 189, S. 376.

denn wenn auch der absolute Wärmeeffect von 1 Kilogramm verkohltem Materiale grösser ist als von 1 Kilogramm unverkohltem, so geht doch bei jedem Verkohlungsprocesse eine nicht unerhebliche Menge der brennbaren Bestandtheile des Brennstoffs verloren; und natürlicherweise kann die aus einem gegebenen Quantum rohen Brennmaterials dargestellte Kohle (also z. B. 0,60 Kilogramm Koks, welche aus 1 Kilogramm Steinkohle gewonnen waren) nicht mehr die gleiche Wärmemenge entwickeln als jener rohe Brennstoff.

Die Skizze Fig. 203 wird ausreichend sein, die einfachste Construction eines Tiegelflammofens mit directer Feuerung zu veranschaulichen.

Fig. 203.



Die Tiegel stehen in zwei oder drei Reihen neben einander; nicht selten sind die Reihen durch Zwischenwände getrennt, um eine gleichmässigere Berührung der Tiegel durch die Flamme zu bewirken; auch leitet man, besonders in Messingschmelzereien, die Flamme wohl in Windungen um die Tiegel herum, um ihre Wärme desto besser auszunutzen.

Die Vortheile der Anwendung von Gasfeuerung statt der directen sind hauptsächlich: die geringere Abkühlung des Ofens beim Schüren oder Nachschütten von Brennstoff; die grössere Leichtigkeit, durch Verminderung oder Vermehrung des Luftzutritts nach Erforderniss reducirende oder oxydirende Flamme hervorzubringen, ein Umstand, welcher beim Einschmelzen von sperrigen Abfällen (beim Messing, Neusilber), die oft vor dem Flüssigwerden ungeschützt aus dem Tiegel herausragen, nicht ohne Wichtigkeit ist; die Thatsache, dass man im Stande ist, Unterbrechungen des Betriebes durch einfaches Absperren der Gasleitung ohne jene Abkühlung des Ofens eintreten zu lassen, welche bei directer Feuerung eine unabwendbare Folge des Eintretens kalter Luft durch den Rost nach dem Einstellen des Feuers sein würde; endlich die Möglichkeit auch solche Brennmaterialien, die in Folge ihres beträchtlichen Wassergehaltes eine ungenügende Verbrennungstemperatur besitzen würden, zu einem brauchbaren Gase zu verarbeiten, wenn man durch eine Condensations-

vorrichtung zwischen Generator und Verbrennungsraum den gebildeten Wasserdampf zum grossen Theile entfernt; im Ganzen also eine Ersparung von Brennstoff, obschon nicht zu verkennen ist, dass bei jeder Vergasung Wärme verbraucht wird, und jede absichtliche oder unabsichtliche Abkühlung der Gase auf ihrem Wege auch einen Wärmeverlust bedeutet.

Der hauptsächlichste Nachtheil der Gasfeuerung liegt in den höheren Anlagekosten, welche die Anwendung derselben nur bei einem Betriebe in grösserm Maassstabe zweckmässig erscheinen lassen können.

Die Construction der Gasgeneratoren ist mannigfaltig, und es kann hier nicht der Ort sein, dieselbe einer eingehenden Besprechung zu unterziehen, sondern es muss vielmehr auf die betreffende Literatur über diesen Gegenstand verwiesen werden[1]).

Da die Verbrennung des Gases um so schwieriger, unvollständiger vor sich geht, je weniger erwärmt Gas und Luft sich mischen, so sucht man wenigstens die Verbrennungsluft in allen Fällen auf eine höhere Temperatur zu erwärmen, bevor sie in den Verbrennungsraum geführt wird. Diese Erwärmung geschieht entweder, indem die atmosphärische Luft durch Canäle innerhalb derjenigen Theile des Ofens hindurchgeführt wird, welche vorzugsweise durch die Hitze zu leiden haben, und dadurch gleichzeitig als Kühlungsmittel für diese Theile dient (Bicheroux's Ofen); oder, indem man die abziehende Wärme des Ofens zur Vorwärmung der Luft (beziehentlich auch der Gase) benutzt, und dadurch einen Theil derselben wieder in den Ofen zurückführt. Diese letztere Aufgabe kann in zweierlei Weise gelöst werden. Entweder man erhitzt durch die abziehenden heissen Gase in einem besondern Raume zwischen Herd und Esse ein System von Röhren, durch welche die Verbrennungsluft hindurchgeführt wird (Oefen mit eisernen Winderhitzungsapparaten und Gebläsewind, Ponsard's Ofen mit Canälen in feuerfesten Steinen und natürlichem Luftzuge); oder die abziehenden heissen Gase werden durch zwei Kammern hindurchgeführt, welchen durch gitterartig aufgestellte Steine eine sehr grosse Oberfläche und dadurch die Fähigkeit ertheilt ist, reichliche Wärmemengen aufzunehmen, und wenn diese als Wärmespeicher dienenden Kammern (Regeneratoren) hoch erhitzt sind, wird der Gas- und Luftstrom umgeschaltet, die zu erhitzenden Körper (Gase und Luft) werden durch jene Wärmespeicher hindurchgeführt, dabei erhitzt und mischen sich nach dem Heraustreten unmittelbar vor dem Verbrennungsherde, dabei in Folge ihrer Erhitzung die grösstmöglichste Wärmeentwickelung veranlassend und die dem Ofen verloren gegangene Wärme diesem zum grossen Theile wieder zurückbringend. Die abziehenden Verbrennungsproducte aber erhitzen inzwischen zwei andere

---

[1]) Siehe u. A. Steinmann, Compendium der Gasfeuerung, 2. Auflage, Freiberg 1876; Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 159 ff., S. 650 und 715; Berg- und Hüttenmännische Zeitung von Kerl und Wimmer, Jahrgang 1874, S. 180.

Regeneratoren, welche nach abermaligem Umschalten wieder zur Erhitzung von Gas und Luft dienen. Es ist dieses das Princip der Siemens'schen Regenerativfeuerung, welche unter allen bis jetzt bekannten Feuerungsanlagen am vollkommensten die Aufgabe löst, die vom Ofen abziehende Wärme für denselben wieder nutzbar zu machen und gleichzeitig dadurch eine vollkommenere Verbrennung zu erzielen, also die Leistung des Brennmaterials in höchster Vollständigkeit auszunutzen.

Wie aber auf Erden nichts vollkommen ist, so hat auch die Siemens'sche Regenerativfeuerung ihre schwachen Seiten, und dieselben bestehen einestheils in der erheblich grösseren Kostspieligkeit der Anlage, obgleich dieselbe bei grossem Betriebe bald durch Ersparungen im Brennstoffverbrauche ausgeglichen werden kann; anderntheils in dem Umstande, dass die Regeneratoren sich sehr bald verstopfen oder doch an Wirksamkeit verlieren, sobald mit dem hindurchziehenden Strome der Verbrennungsgase fortgerissene feste oder verflüchtigte und condensirbare Theilchen mitgeführt werden und sich in den Regeneratoren absetzen. Hierher gehören beim Metallschmelzen verflüchtigte Metalle und Oxyde. Eine Reinigung der Regeneratoren ist aber ohne grossen Zeitverlust und Kosten nicht möglich. Endlich ist die Thatsache nicht zu unterschätzen, dass nach dem Beginne des Betriebes eines Ofens mit Siemens'scher Feuerung bei der grossen Wärmecapacität des Materials zu den Regeneratoren naturgemäss erst längere Zeit — gewöhnlich 12 bis 24 Stunden — verstreichen muss, bevor dieselben hoch genug erhitzt sind, um ihre volle Wirkung zur Geltung bringen zu können.

Für alle Metalle, welche flüchtige Verbindungen entlassen (Messing, Neusilber und andere) dürften daher Oefen mit gewöhnlicher Gasfeuerung oder auch mit directer Feuerung vor dem Siemens'schen den Vorzug verdienen; ebenso für jeden Betrieb in kleinerem Maassstabe, welcher nicht ununterbrochen fortgeht; sehr gebräuchlich sind dagegen die Siemens-Flammöfen für Tiegelgussstahlgiessereien von grösserem Umfange geworden, wobei ausserdem die durch dieselben erreichbare hohe Temperatur besonders günstig in die Wagschale fällt.

Auch Gusseisen wird bisweilen in Tiegelflammöfen mit Siemens'scher Feuerung geschmolzen, wenn es darauf ankommt, die Eigenschaften desselben in möglichst geringem Maasse beeinflussen zu lassen (z. B. bei der Darstellung sogenannten schmiedbaren Gusses).

Ein derartiger Ofen, ursprünglich für Gusseisenschmelzen bestimmt, ebensowohl aber auch zum Schmelzen anderer Metalle brauchbar, ist in den Figuren 204 und 205 in $^1/_{60}$ der wirklichen Grösse abgebildet[1]). Der Ofen besteht aus drei Abtheilungen mit je 6 Tiegeln, fasst also im Ganzen 18 Tiegel. Die Einsatzöffnungen für die Tiegel befinden sich in der Decke des Gewölbes und sind durch passende, mit Eisenrahmen ausge-

---

[1]) Aus Pract. Mechan. Journal 1868, S. 132; daraus in Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 471.

rüstete Chamotteplatten abgedeckt. Der Herd, aus Quarzsand bestehend, wird von einer eisernen Platte getragen, unter welcher die atmosphärische

Fig. 204.

Fig. 205.

Luft freien Zutritt hat, um sie zu kühlen. Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, sind die Regeneratoren für die Verbrennungsluft etwas grösser bemessen als für das Gas, entsprechend dem grössern Volumen der erforderlichen atmosphärischen Luft. Gas und Luft kommen durch die beiden links gelegenen Regeneratoren, gelangen dann in die horizontalen Canäle oberhalb der Regeneratoren, deren Anordnung aus Fig. 204 ersichtlich ist, vereinigen sich unmittelbar vor dem Herde, und die Verbrennungsproducte entweichen nach dem Verlassen des Herdes durch die rechts gelegenen Regeneratoren, diese erhitzend. Nach dem Umschalten tritt entgegengesetzte Bewegungsrichtung ein.

Der Mechanismus für das Umschalten ist ausführlich erläutert in Steinmann, Compendium der Gasfeuerung, 2. Aufl., Freiberg 1876; ferner in Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 179 u. ff.; Kerl, Grundriss der allgemeinen Hüttenkunde, Leipzig 1875, S. 130; Krans, Etudes sur les fours à gaz, Bruxelles 1869, u. v. a. Sehr schöne Abbildungen von Siemens'schen Regenerativöfen für Gussstahlschmelzen finden sich in Wedding's genanntem Werke S. 654, auch Jordan, Cours de métallurgie, Paris 1874, Taf. 38.

**Die Werkzeuge** der Tiegelschmelzerei bestehen ausser den zur Unterhaltung des Feuers erforderlichen Geräthen hauptsächlich in Zangen zum Herausheben der Tiegel und Abheben der Deckel.

**Das Arbeitsverfahren** umfasst die Wartung des Feuers, das Beschicken der Tiegel, das Einsetzen und Herausheben derselben.

Von der richtigen Beschickung hängt zum grössten Theile die Beschaffenheit des erhaltenen Products ab. Zuerst ist eine richtige Zerkleinerung des Rohmetalls erforderlich, um die Tiegel in angemessener Weise füllen zu können; besonders dann, wenn der Tiegel von vornherein bedeckt gehalten werden muss und ein Nachfüllen unthunlich ist, wie beim Gussstahlschmelzen. Schmilzt man mehrere Metalle zu Legirungen zusammen oder von einem im Allgemeinen gleichartigen Metalle mehrere Sorten (z. B. weichen und harten Stahl, siliciumreiches Koksroheisen und siliciumärmeres Holzkohlenroheisen u. dergl.), so ist die Gattirung dieser verschiedenen Metalle nach entsprechenden Gewichtsverhältnissen eine in hohem Grade wichtige Aufgabe. Denn nicht allein verändern die Metalle ihre specifischen Eigenschaften durch die Legirung, wie früher erörtert, sondern es ist auch Rücksicht darauf zu nehmen, dass von mehreren in einen und denselben Tiegel eingesetzten Metallen das eine häufig durch den Schmelzprocess ganz anders beeinflusst wird als das andere. So z. B. verflüchtigt sich, wenn man Kupfer und Zink zu Messing zusammenschmilzt, von dem Zink ein Theil, es erfolgt eine zinkärmere Legirung als nach der durchschnittlichen Zusammensetzung des Einsatzes, und es muss von vornherein eine so viel reichlichere Menge Zink (etwa 3 Proc.) zugesetzt werden, dass dieser Gewichtsverlust ausgeglichen wird. Ebenso verhält sich das Zink im Neusilber und anderen Legirungen. Durch bestimmte Kunstgriffe ist man im Stande, einer allzu reich-

lichen Verflüchtigung beziehentlich Oxydation vorzubeugen. So z. B. bringt man beim Einsetzen die verschiedenen Metalle in abwechselnden Schichten über einander in den Tiegel, zu oberst eine Schicht des schwerer oxydirbaren oder schwerer flüchtigen Metalls, so dass rasch Legirung eintreten muss; schliesslich bringt man wohl eine Decke von Holzkohlenstaub als Reductionsmittel darauf und auf diese den Deckel; oder man schmilzt erst das weniger leicht zu beeinflussende Metall, zumal wenn dieses auch schwerer schmelzbar ist (Kupfer) und setzt erst dem geschmolzenen das andere (Zink, Zinn) hinzu. Bei letzterem Verfahren darf man nicht ausser Acht lassen, dass durch das Einwerfen kalter Stücke gewisser Metalle in ein flüssiges, hocherhitztes Metallbad gefährliche Explosionen entstehen können (wahrscheinlich durch Entweichen von Gasen), so beim Zink und Eisen. Deshalb ist ein vorheriges Erhitzen solcher zuzusetzenden Metallstücke unerlässliche Regel.

Bisweilen verfährt man noch umständlicher und gebraucht mehrere Schmelzen, um die fertige Legirung zu bilden, besonders wenn mehr als zwei Metalle legirt werden sollen. Man schmilzt dann nicht selten in einem Tiegel die Hälfte eines Metalls mit dem zweiten Metalle, in einem andern die zweite Hälfte des ersten Metalls mit dem dritten Metalle zusammen und vereinigt nun erst beide Legirungen. So z. B. wird in einzelnen Fabriken bei der Neusilberdarstellung in einem Tiegel die Hälfte des Kupfers mit dem Zink, in einem zweiten die andere Hälfte des Kupfers mit dem Nickel, dann die Kupferzinklegirung zur Kupfernickellegirung gesetzt. Aehnliche Vorschriften für Darstellung von Neusilber und anderen Legirungen sind nicht selten, werden auch bisweilen als Fabrikgeheimniss betrachtet und mögen wohl ihre Berechtigung durch die Beeinflussung des Schmelzpunkts beim Legiren in dieser oder jener Weise finden. Es wird jedenfalls geringerer Metallverlust stattfinden, wenn man im Stande ist, die leicht flüchtigen Metalle durch geeignetes allmäliges Vermischen mit anderen indifferenteren Metallen in niedrigerer Temperatur zu legiren und dann erst als Legirung der höhern Schmelztemperatur des Endproducts auszusetzen, als wenn von vorn herein dieser hohe Wärmegrad auf jene verdampfungs- und oxydationsfähigen Metalle einwirkt.

Das Einbringen der Metalle in den Tiegel geschieht meistens, während dieser kalt ist, und man pflegt dann erst den gefüllten Tiegel in den Ofen zu stellen, bevor dieser geheizt ist; in Gussstahlgiessereien, wo man die Tiegel selbst fertigt, bringt man auch wohl die aus dem Glühofen kommenden heissen Tiegel unmittelbar in den vorher angewärmten Schmelzofen und schüttet dann erst das Metall mit Hülfe eines Blechtrichters hinein.

Wenn eine ganz bestimmte Beschaffenheit und Zusammensetzung der geschmolzenen Legirung oder des Metalls von Wichtigkeit ist, so nimmt man, bevor der Tiegel mit seinem Inhalte aus dem Ofen genommen wird, eine Probe durch Schöpfen mit einem löffelartigen, langstieligen Werkzeuge oder auch nur durch Eintauchen einer eisernen Stange, an

welcher dann Kügelchen des Metalls haften bleiben, und prüft dieselbe auf ihre Beschaffenheit; so bei den Legirungen für die Münzdarstellung, beim Gussstahl u. a. Die Prüfung kann geschehen durch einfache Beurtheilung nach äusseren Kennzeichen (Bruchfläche, Erscheinungen an der Oberfläche beim Erstarren); durch gewisse mechanische Untersuchungen (Breitschlagen der Metallkügelchen auf einem Ambos zur Beurtheilung der Härte beim Stahle u. dergl.); oder durch ein chemisches, rasch ausführbares Probirverfahren (bei den Münzlegirungen). Durch geeignete Zusätze dieses oder jenes Metalls lassen sich in den meisten Fällen erkannte Mängel beseitigen.

## Wirkungsgrad der Tiegelschmelzöfen.

Zur Berechnung desselben können folgende Ermittelungen dienen:

### a. Tiegelschachtöfen.

1. Auf dem königlich sächsischen Hüttenwerke zu Halsbrücke bei Freiberg wurden 742,467 Kilogramm Silber bei 7 Grad Wärme in einen bereits zu mehreren Schmelzungen benutzten Tiegel eingesetzt und zum Schmelzen 201 Kilogramm Koks mit 6,6 Proc. hygroskopischer Feuchtigkeit und 13,5 Proc. Asche, also 79,9 Proc. Kohlenstoff verbraucht. Die theoretische Leistung der Koks beträgt bei vollständiger Verbrennung per 1 Kilogramm Koks

$$0{,}799 \times 8080 = 6455 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

und jene wirklich verbrauchten 201 Kilogramm Koks würden demnach bei völliger Verbrennung

$$201 \times 6455 = 1\,297\,455 \text{ Wärmeeinheiten}$$

zu entwickeln im Stande gewesen sein.

Zur Bestimmung der vom flüssigen Silber aufgenommenen Wärme wurden 338,900 Kilogramm desselben in 914,9 Kilogramm Wasser von 8,9° C. eingegossen, wobei die Temperatur des Wassers auf 37,0° C., also um 28,1° C. stieg.

Es wurden also vom Silber für diese Erwärmung abgegeben

$914{,}9 \times 28{,}1 =$ 25 708 Wärmeeinheiten

Bei der Temperatur von 37,0° C. besass das Silber noch überschüssige Wärme über seine ursprüngliche Temperatur von 7°, wenn man die specifische Wärme desselben = 0,057 setzt:

$338{,}90 \times 30 \times 0{,}057 =$ 580 „

Es enthielten 338,90 Kilogramm Silber 26 288 Wärmeeinheiten, mithin die geschmolzenen 742,467 Kilogramm Silber 57 592 Wärmeeinheiten[1]), und es ist der Wirkungsgrad des Schmelzofens

[1]) 1 Kilogramm Silber demnach 78 Wärmeeinheiten.

$$E = \frac{57\,592}{1\,297\,455} = 0{,}044.$$

2. Der Wirkungsgrad der Tiegelschmelzöfen fällt günstiger aus, wenn statt des schon gebrauchten Tiegels ein neuer zum Schmelzen benutzt wird. Bei demselben Hüttenwerke, wie in dem vorigen Beispiele, schmolz man im neuen Tiegel unter sonst ganz gleichen Verhältnissen als bei dem ersten Versuche 1190,740 Kilogramm Silber und gebrauchte dazu 285 Kilogramm Koks. Demnach ist der Wirkungsgrad des Schmelzofens

$$E = \frac{1190{,}740 \times 78}{285 \times 6455} = 0{,}050.$$

3. Beim Gusseisenschmelzen in Tiegelschachtöfen rechnet man gewöhnlich auf 100 Kilogramm Gusseisen einen Koksverbrauch

in eintiegeligen Oefen bis zu 200 Kilogramm,

in mehrtiegeligen Oefen mindestens 80 Kilogramm,

also durchschnittlich 140 Kilogramm Koks.

Nimmt man die Zusammensetzung derselben gleich der bei den vorhin beschriebenen Versuchen benutzten Koks an, so entwickeln sie Wärme

$$140 \times 6455 = 903\,700 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Gusseisen, auf eine zum Giessen geeignete Temperatur erhitzt, besitzt nach Gruner's Ermittelungen durchschnittlich 250 Wärmeeinheiten[1]), 100 Kilo also 25 000 Wärmeeinheiten, und es ergiebt sich die Leistung der Oefen

$$E = \frac{25\,000}{903\,700} = 0{,}027.$$

Nimmt man dagegen den günstigsten Koksverbrauch von 80 Kilogramm Koks per 100 Kilogramm Gusseisen an, so berechnet sich der Wirkungsgrad

$$E = \frac{25\,000}{80 \times 6455} = 0{,}048.$$

4. Um 100 Kilogramm Gussstahl in Tiegelschachtöfen zu schmelzen und auf die zum Vergiessen geeignete Temperatur zu erhitzen, gebraucht man 200 bis 400 Kilogramm, durchschnittlich 300 Kilogramm Koks[2]). Dieselben entwickeln bei gleicher Zusammensetzung wie bei den bisher besprochenen Versuchen: 300 × 6455 = 1 936 500 Wärmeeinheiten; 1 Kilogramm des flüssigen Metalls besitzt nach Gruner 350 Wärmeeinheiten, es ist also der Wirkungsgrad des Ofens

$$E = \frac{350 \times 100}{1\,936\,500} = 0{,}018;$$

---

[1]) Annales des mines, Serie VII, Tome VIII, p. 168 et 169.

[2]) Vergl. Gruner, De l'utilisation de la chaleur dans les fourneaux des usines métallurgiques. Annales des mines Serie VII, Tome VIII, p. 175; auch Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 646.

im günstigsten Falle bei dem Brennstoffverbrauche von 200 Kilogramm

$$E = \frac{350 \times 100}{200 \times 6455} = 0{,}027.$$

Ziehen wir aus den gegebenen Berechnungen ein Durchschnittsresultat für den Wirkungsgrad der Tiegelschachtöfen mit Koksfeuerung, so ergiebt sich als mittlerer Werth die Ziffer

$$E = 0{,}035.$$

Die Leistung wird im Allgemeinen günstiger bei mehrtiegeligen als bei eintiegeligen, bei grossen Einsätzen als bei kleinen, bei neuen Tiegeln als bei alten Tiegeln sein.

Bei Anwendung von Holzkohlen ergiebt sich ein ungleich ungünstigeres Resultat in Folge der durch die grössere Porosität des Brennmaterials beförderten Bildung von Kohlenoxyd, also der unvollständigen Verbrennung. Man gebraucht das doppelte bis vierfache Gewicht Holzkohlen als Koks und der durchschnittliche Wirkungsgrad des Ofens ist höchstens auf 0,01 zu berechnen. Daher ist die Anwendung von Holzkohlen zum Tiegelschmelzen sehr selten und nur gebräuchlich, wo man eine Einwirkung der von den Koks entwickelten schwefligen Säure auf das Metall fürchtet.

### b. Tiegelherdöfen.

5. Zur Berechnung des Wirkungsgrads von Tiegelherdöfen mit directer Feuerung führt Gruner an, dass in den Stahlwerken von Assailly bei Rive de Gier beim Flammofenschmelzen zu 100 Kilogramm Gussstahl 270 Kilogramm gewöhnliche Steinkohle mit einem Aschengehalte von 15 Proc. gebraucht werde[1]). Der Wärmeeffect dieser Kohlen wird sich demnach auf ca. 6300 Wärmeeinheiten beziffern[2]). Es beträgt demnach der Wirkungsgrad des Ofens

$$E = \frac{350 \times 100}{270 \times 6300} = 0{,}020.$$

6. Beim Schmelzen von Tiegelgussstahl in Regeneravtiflammöfen beträgt nach Gruner der Brennstoffverbrauch 180 Kilogramm gewöhnliche Steinkohle, nach Wedding 155 Kilogramm gute aschenarme Gaskohle per 100 Kilogramm Gussstahl. Setzt man die Wärmeleistung der erstern wieder = 6300 Wärmeeinheiten per Kilogramm, diejenige der Gaskohle = 7000, so ergiebt sich im erstern Falle ein totaler Wärmeaufwand = 1 134 000, im letztern = 1 085 000, durchschnittlich circa = 1 100 000 Wärmeeinheiten. Der Wirkungsgrad der Oefen beträgt demnach

$$E = \frac{350 \times 100}{1\,100\,000} = 0{,}032.$$

---

[1]) Loc. cit. S. 176.

[2]) Siehe die Berechnungen des Wärmeeffects von Steinkohlen auf S. 217.

## Dritte Gruppe. Herdflammöfen ohne Tiegel.

Das Metall befindet sich unmittelbar auf dem mit einem Gewölbe überspannten Herde des Ofens, wird hier von der vorüber ziehenden Flamme an seiner Oberfläche bestrichen und verflüssigt. Es sammelt sich an dem tiefsten Punkte des Herdes und wird von dort durch eine während des Schmelzens mit einem Thonpfropfen verschlossen gehaltene Oeffnung, das Stichloch, abgelassen. Das Metall ist daher den etwaigen chemischen Einwirkungen der Verbrennungsgase ohne Schutz preisgegeben. Diese Gase bestehen vorwiegend aus Kohlensäure, Wasser, Stickstoff und Sauerstoff bei vollständiger Verbrennung; aus Kohlensäure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffen, Wasser und Stickstoff bei unvollständiger Verbrennung. Je weniger vollständig die Verbrennung, je reducirender also die Flamme ist, desto weniger hoch ist die erreichbare Temperatur; eine annähernd vollständige Verbrennung lässt sich kaum ohne einen Ueberschuss an freiem Sauerstoff erreichen, dessen Menge von der Construction der Feuerungsanlage und der Beschaffenheit des Brennstoffs abhängig bleibt. Ausserdem wird aber freier Sauerstoff durch die unvermeidlichen Fugen an den Arbeitsthüren etc. angesogen. Hieraus folgt, dass bei denjenigen Metallen, welche eine hohe Temperatur zu ihrer Schmelzung verlangen, die Erzeugung einer mehr oder minder oxydirenden Flamme kaum vermeidlich ist. Enthält das Brennmaterial Schwefelkies (Stein- und Braunkohlen), so findet sich in dem Gasgemische auch schweflige Säure.

Als Brennstoffe können sämmtliche flammenden Brennstoffe dienen, sobald die bei ihrer Verbrennung entwickelte Temperatur zum Schmelzen des Metalls hoch genug ist.

In Folge jener directen Einwirkung der Flamme und Verbrennungsgase auf das Metall sind alle diejenigen von dem Schmelzen in Flammöfen ausgeschlossen, welche eine wesentliche Beeinflussung ihrer Eigenschaften durch diese Einwirkung erfahren; auch solche Legirungen, welche zwar nur in geringerm Maasse beeinflusst werden, bei denen aber eine durchaus unveränderte Zusammensetzung Bedingung ist (z. B. die Legirungen der Münzwerkstätten), schmilzt man nicht ohne Tiegel. Umgekehrt sucht man beim Schmelzen von Metallen, welche von bestimmten Gasen leicht beeinflusst werden (Kupfer von schwefliger Säure, Zink von freiem Sauerstoff u. s. f.), den Verbrennungsprocess derartig zu leiten oder ein derartiges Brennmaterial zu wählen, dass eben jene Gase in dem Gasgemische in möglichst geringer Menge auftreten.

Die vorzugsweise in Herdflammöfen geschmolzenen Metalle, sofern wir von den für rein hüttenmännische Zwecke vorgenommenen Schmelzungen absehen, sind Gusseisen und Bronze. Gusseisen erfordert eine hohe Schmelztemperatur, und es ist deshalb eine gewisse Oxydation

unvermeidlich, durch welche hauptsächlich Silicium entfernt wird. Ist das Gusseisen reich an diesem Körper, so beeinträchtigt der Oxydationsprocess die Güte desselben nicht, sondern erhöht sie sogar in vielen Fällen, wenn ein dichtes, festes, von allzu reichlicher Graphitausscheidung freies Product erzielt werden soll. Gegen die übrigen Gase des Verbrennungsprocesses, insbesondere gegen schweflige Säure, verhält sich das Gusseisen ziemlich indifferent, und daher ist die Steinkohle das üblichste Material zum Gusseisenschmelzen in Flammöfen.

Bronze unterliegt leicht dem Oxydationsprocesse, es entsteht Kupferoxydul und Zinnoxyd, welche sich im Metalle lösen und dessen Eigenschaften beeinflussen. Durch Polen kann eine theilweise Reduction des Kupferoxyduls, durch Zusatz von Phosphor (Phosphorzinn, Phosphorkupfer) eine Reduction beider Metalloxyde bewirkt werden (S. 15). Die Einwirkung freien Sauerstoffs ist um so bedeutender, die Schmelztemperatur der Legirung um so weniger hoch, je zinnreicher die Bronze ist. Deshalb wird die Flamme um so reducirender gehalten, je stärker der Zinngehalt vertreten ist (Glockenbronze). Als Brennmaterial zum Bronzeschmelzen benutzt man fast ausschliesslich Holz in der Annahme, dass die schweflige Säure der verbrennenden mineralischen Kohlen nachtheilig auf den Kupfergehalt der Legirung wirke.

Stärker als Bronze wird Messing durch das Flammofenschmelzen auf freiem Herde beeinflusst. Bei der grossen Oberfläche des Metallbades wird ein Theil des leicht flüchtigen Zinks in der Schmelztemperatur des Messings entweder direct als Dampf fortgeführt und als solcher grösstentheils oxydirt; oder es findet auch Oxydation im Bade selbst statt. Schon die Kohlensäure des Gasgemisches kann oxydirend auf das Zink wirken. Deshalb erfordert das Messingschmelzen auf freiem Herde grösste Vorsicht und ist wenig üblich.

Beim Neusilber würden die nachtheiligen Einflüsse des Flammofenschmelzens auf freiem Herde sich in noch höherm Grade geltend machen können als beim Messing, und es ist deshalb für dieses nur allein das Tiegelschmelzen in Gebrauch.

Die in niedriger Temperatur schmelzbaren Matalle — Zink, Zinn, Blei — werden bisweilen in solchen Fällen im Flammofen geschmolzen, wenn bedeutende Mengen derselben im Flusse erhalten werden sollen; z. B. für den Guss der als erste Verarbeitungsstufe der Darstellung von Blechen dienenden Platten in grossen Walzwerken [1]). Da eine hohe Temperatur nicht erforderlich ist, kann man auf reducirende Flamme halten, um den reichlichen Abgang durch Oxydation zu verhüten.

---

[1]) Ueber das Schmelzen des für Bleche bestimmten Zinks in Flammöfen siehe Berg- und Hüttenmännische Zeitung, redigirt von Kerl und Wimmer, Jahrgang 1873, S. 290.

## Construction der Herdflammöfen.

Man unterscheidet auch hier Oefen mit directer und mit Gasfeuerung. Es kann im Voraus bemerkt werden, dass erstere Feuerung weit häufiger in Anwendung ist als letztere. Ein Hauptgrund hierfür liegt in dem schon beim Tiegelschmelzen im Gasflammofen erwähnten Umstande, dass die Vortheile der Gasfeuerung sich hauptsächlich bei einem grössern Betriebe geltend machen, welcher eine ununterbrochene oder doch tägliche Benutzung des Schmelzapparats erheischt. Insbesondere ist dieses bei den Oefen mit Siemens'schen Regeneratoren der Fall, welche letztere in den ersten Stunden des Betriebes allerdings eine Menge Wärme aufnehmen, so lange aber verhältnissmässig wenig derselben abgeben, bis sie selbst auf eine hohe Temperatur gelangt sind. Nur wenige Giessereien sind aber in der Lage, ihre Herdflammöfen unausgesetzt zu benutzen; gewöhnlich liegen mindestens einige Tage zwischen zwei auf einander folgenden Schmelzen, während welcher der Ofen sich völlig abkühlt. Die höheren Kosten der Anlage für Gasfeuerung, zumal für Siemens'sche Feuerung, würden also nicht im Verhältnisse zu den zu erwartenden Vortheilen stehen. Bei Legirungen, aus denen in der Temperatur des Schmelzherdes sich einzelne Körper verflüchtigen, welche in niedrigerer Temperatur wieder fest werden, z. B. Messing, Bronze, würden die Siemens'schen Feuerungsanlagen auch aus dem Grunde nicht gut anwendbar sein, weil man eine baldige Verstopfung der Regeneratoren durch jene mitgerissenen oder verflüchtigten Körper zu befürchten hätte. Deshalb beschränkt sich die Anwendung der Gasfeuerung zum Herdschmelzen fast allein auf solche Fälle, wo Metalle mit sehr hoher Schmelztemperatur geschmolzen werden sollen, zu deren Erzeugung gewöhnliche Feuerung nicht ausreicht.

Da die Oefen mit Gasfeuerung in ihrer innern Einrichtung bisweilen erhebliche Abweichungen von den für directe Feuerung eingerichteten Oefen zeigen, so wird es sich empfehlen, in Folgendem die Besprechung beider zu trennen.

### Herdflammöfen mit directer Feuerung.

Dieselben enthalten als Hauptbestandtheile: den Feuerungsraum mit Rost; den Herd, von der Feuerung durch die Feuerbrücke getrennt; den Fuchs (Abzugscanal für die verbrauchten Gase); und die Esse.

Die Feuerung unterscheidet sich, sofern Steinkohlen als Brennmaterial dienen, nicht erheblich von den Feuerungen der für andere metallurgische Zwecke benutzten Flammöfen, wie aus den weiter unten gegebenen Abbildungen solcher Oefen hervorgehen wird. Ein Rost, meistens Planrost, dient zur Unterhaltung des Verbrennungsprocesses. Je

freier derselbe liegt, d. h. je weniger der Zufluss der äussern Luft unter den Rost gehindert ist, desto günstiger ist seine Wirkung. Wo es möglich ist, lässt man deshalb den Aschenfall ausserhalb des Gebäudes münden, nur vor Wind und Regen geschützt. Oberhalb des Rostes befindet sich an der einen langen Seite des Ofens die Schüröffnung (Feuerthür), durch einen gusseisernen trichterartigen Rahmen vor Beschädigungen geschützt (siehe unten Fig. 209). Dieselbe wird während des Schmelzens mit Steinkohlen verschlossen gehalten und dadurch das Eindringen frischer Luft verhindert.

Da bei Holzfeuerung, wozu man längere Scheite benutzt, ein solcher Verschluss nicht erreichbar und auch die Bedienung des Rostes durch eine seitliche Oeffnung nicht gut ausführbar sein würde, versieht man derartige, meistens für Bronzeschmelzen bestimmte, Oefen statt jener Thüröffnung häufig mit senkrechtem, durch die Decke gehendem Füllschachte, wie z. B. in Fig. 206 (Seite 238), welcher durch einen Schieber oder eine sonstige geeignete Vorrichtung verschlossen gehalten werden kann.

Je mehr man auf eine reducirende Flamme zu halten gezwungen ist, desto tiefer muss der Rost unter der Oberkante der Feuerung liegen, damit eine hohe Brennmaterialschicht das Durchdringen freien Sauerstoffs verhüte. Wir finden diese Abmessung bei Oefen für Holzfeuerung = 0,6 bis 1,0 m, bei Oefen für Steinkohlen = 0,3 bis 0,6 m.

Die Grösse der Rostfläche ist insofern eine der wichtigsten Abmessungen des Ofens, als von derselben zum grossen Theile der Brennstoffverbrauch und die Zeitdauer des Schmelzens abhängig ist.

Am besten macht man die Rostfläche von den in bestimmten Zeiträumen zu schmelzenden Metallmengen abhängig. Wiebe giebt, auf praktische Erfahrungen sich stützend, die Regel, dass pro 100 Kilogramm stündlich zu schmelzendes Metall bei Steinkohlenfeuerung eine freie Rostfläche von 0,127, eine totale von 0,21 Quadratmeter erforderlich sei [1]), und man findet seitdem diese Angabe in zahlreichen Hand-, Lehr- und Taschenbüchern wiederholt. Bei vielen ausgeführten Oefen mit guten Betriebsresultaten, von denen unten einige Beispiele gegeben werden sollen, finden wir die totale Rostfläche allerdings diesem Verhältnisse annähernd entsprechend, das Verhältniss der freien zur totalen aber mindestens wie 1 : 2, nicht selten wie 1 : 3, also die freie Rostfläche erheblich kleiner als nach Wiebe's Vorschrift. In der Wirklichkeit lässt sich übrigens, wenn nur die totale Rostfläche dem Bedürfnisse entspricht, durch Einlegen anderer Roststäbe oder durch Vergrösserung oder Verkleinerung der Anzahl derselben sehr leicht das Verhältniss der totalen zur

---

[1]) Wiebe, Die Maschinenbaumaterialien, S. 510. Unter freier Rostfläche versteht man bekanntlich den Zwischenraum zwischen den Roststäben, soweit die Luft hindurchtreten kann.

freien Rostfläche ändern, wenn sich eine solche Aenderung als zweckmässig herausstellen sollte.

Nimmt man als Zeitdauer des Schmelzens eines einmaligen Einsatzes 5 bis 6 Stunden an und bezieht die Grösse der Rostfläche nicht auf das stündlich zu schmelzende Metall, sondern auf die Grösse des ganzen Einsatzes, so findet man bei den besseren Oefen für je 100 Kilogramm des überhaupt zu schmelzenden Metalls die Grösse der Rostfläche zwischen folgenden Werthen:

| | Totale | Freie |
|---|---|---|
| | Rostfläche in Quadratmeter per 100 Kilogramm Metall | |
| A. Einschmelzen mit Steinkohlen. | | |
| Oefen mit mehr als 5000 Kilogramm Einsatz | 0,015 — 0,03 | 0,0075 — 0,015 |
| „ mit 2000 — 5000 „ „ | 0,03 — 0,04 | 0,015 — 0,02 [1]) |
| B. Bronzeschmelzen mit Holz. | | |
| Oefen mit mehr als 5000 Kilogramm Einsatz | 0,010 — 0,015 | 0,002 — 0,003 |
| Oefen mit 2000 — 5000 „ „ | 0,015 — 0,020 | 0,003 — 0,004 |

Der Grundriss des Rostes pflegt der bequemern Bedienung halber annähernd quadratisch zu sein, oder es verhält sich die Länge (von Rückwand bis Feuerbrücke) zur Breite (von einer Langseite des Ofens zur andern gemessen) wie 4 : 5.

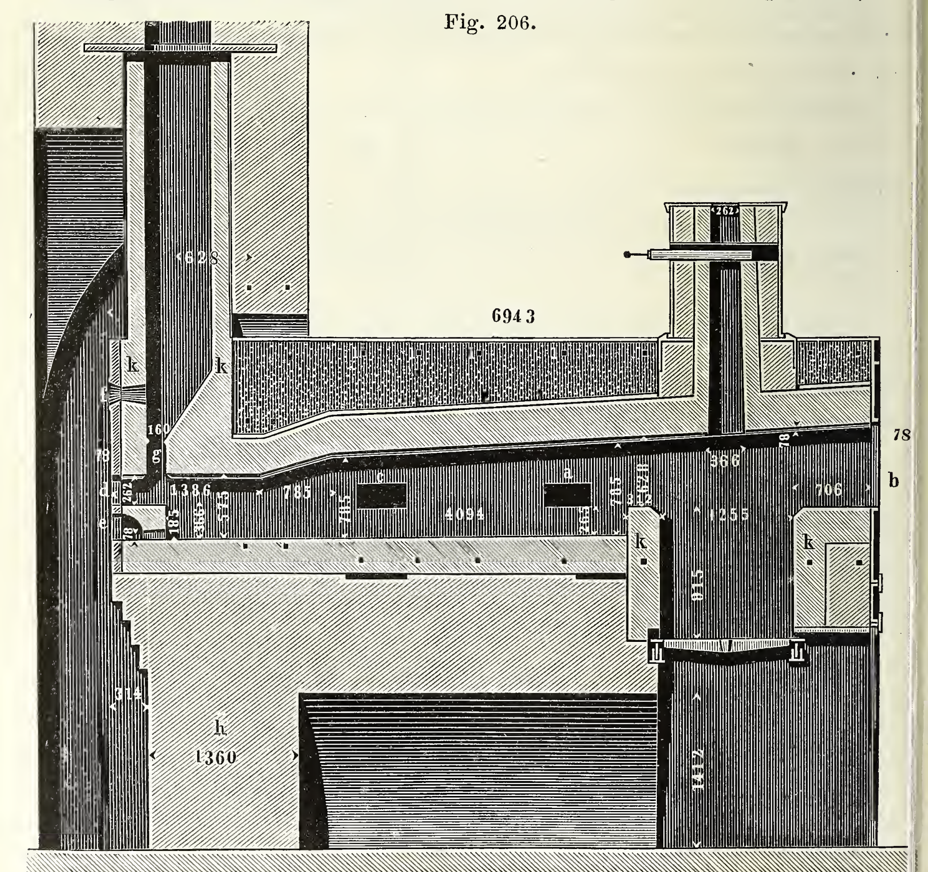
Die Oeffnung oberhalb der Feuerbrücke, durch welche die Flamme in den Herd gelangt, heisst das Flammenloch. Die Breite desselben (gleich der Länge der Feuerbrücke) ist gleich der Breite des Rostes; das Verhältniss des totalen Querschnitts dieser Oeffnung zur totalen Rostfläche findet man bei ausgeführten Oefen zwischen den Werthen von 0,3 bis 1,0, meistens 0,5 bis 0,7. Hieraus ergiebt sich alsdann die Höhe des Gewölbes über der Feuerbrücke, welche bei kleinen Oefen ca. 400 mm, bei mittleren und grossen 600 bis 700 mm, selten darüber zu betragen pflegt. Im Allgemeinen wird bei Oefen mit niedrigem Gewölbe die Wärme bessere Ausnutzung finden als bei hohen; nicht selten sprechen aber Nebenumstände bei Bemessung der Gewölbhöhe mit, insbesondere die Grösse der zu schmelzenden Einsatzstücke und die dadurch bedingte Höhe der Einsatzthür an der Seite des Herdes.

[1]) Dürre ermittelt auf theoretischem Wege für einen Ofen mit 3750 bis 5000 Kilogramm Einsatz die zweckmässige freie Rostfläche = 1,01, die totale = 2,02 Quadratmeter (Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, II. Bd., S. 358).

Der Herd pflegt so eingerichtet zu sein, dass das ungeschmolzene Metall auf einer hochgelegenen Stelle von den Gasen zum Schmelzen erhitzt wird, das geschmolzene aber sich an einer tiefer gelegenen, vorher freien und von den vorüber ziehenden Gasen erhitzten Stelle sammelt, stets aber an seiner Oberfläche der Einwirkung der Wärme ausgesetzt bleibt. Diese Einrichtung ist nothwendig, um eine frühzeitige Abkühlung des geschmolzenen Metalls während der Schmelzdauer zu verhüten, welche mindestens einige Stunden zu beanspruchen pflegt. Je nachdem jene höchste Stelle des Herdes, auf der das ungeschmolzene Metall sich befindet, der Feuerung näher oder derselben entfernter als der Sammelraum des flüssigen Metalls liegt, unterscheidet man zwei verschiedene Ofensysteme:

1. Deutsche Flammöfen, Flammöfen mit gestrecktem Herde, Figuren 206 und 207 (Flammöfen zum Schmelzen von ca. 11 200 Kilogramm Bronze in der königlichen Geschützgiesserei zu Spandau[1]).

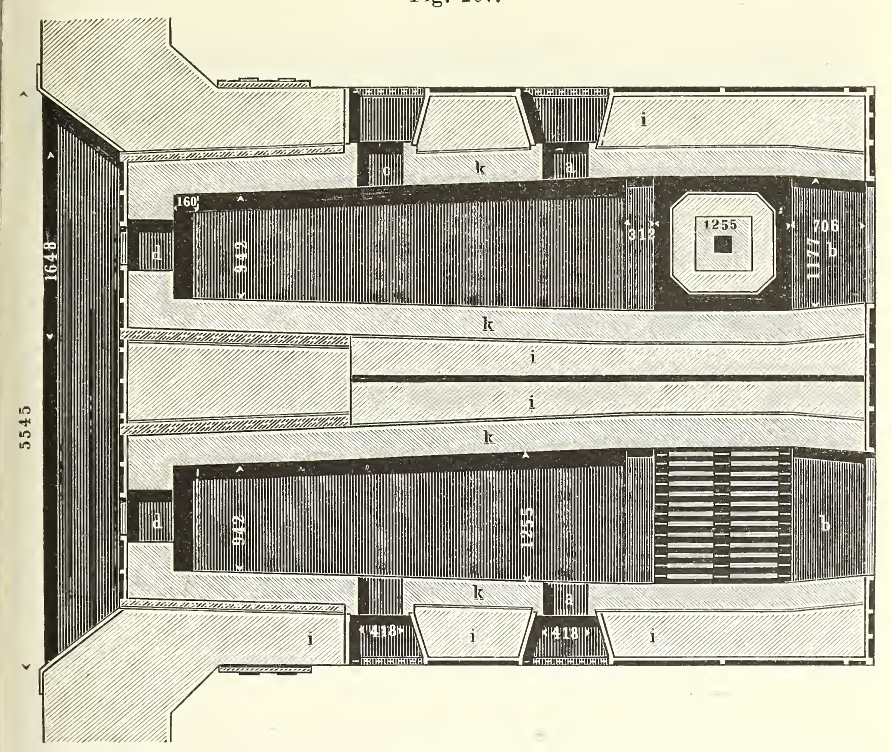
Fig. 206.




[1]) Verfasser verdankt die Mittheilung dieser Zeichnungen der Güte der königlichen Direction genannter Anstalt. Aeltere Abbildungen derselben Oefen

Das ungeschmolzene Metall befindet sich unmittelbar hinter der Feuerbrücke, fliesst beim Schmelzen in der Richtung des Gasstromes den

Fig. 207.




etwas geneigten Herd hinab und sammelt sich an dem der Feuerbrücke entgegengesetzten Ende des Ofens (also in der Nähe des Fuchses), von wo es durch ein, gewöhnlich an der Stirnseite des Ofens befindliches, Stichloch *e* abgelassen wird. Das Gewölbe überspannt den Herd von einer Längsseite des Ofens zur andern mit annähernd gerader Achse, besitzt aber etwas stärkere Neigung als dieser, so dass beide um so mehr convergiren, je mehr sie sich dem Endpunkte des Herdes (dem Fuchse) nähern.

2. Staffordshire-Oefen, Französische Oefen, Oefen mit vertieftem Herde, Sumpföfen. Die Figuren 208 und 209 (a. f. S.) stellen einen Flammofen der Königshütte in Schlesien aus dem Jahre 1868, zum Schmelzen von 5000 Kilo Roheisen bestimmt, in $^1/_{48}$ der wirklichen Grösse dar [1]).

---

finden sich in Wiebe's Skizzenbuch, Heft X, und in Dürre's Handbuch der Eisengiesserei, Bd. I. Bei vollem Einsatze oben angeführten Quantums werden die Feuerbrücke und sämmtliche Thüröffnungen um eine flache Steinschicht erhöht.

[1]) Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. XVI, Taf. X, Fig. 8 und 9.

Unmittelbar hinter der Feuerbrücke liegt der vertiefte Sammelraum (Sumpf) für das geschmolzene Metall mit dem Stichloche an einer der

Fig. 208.

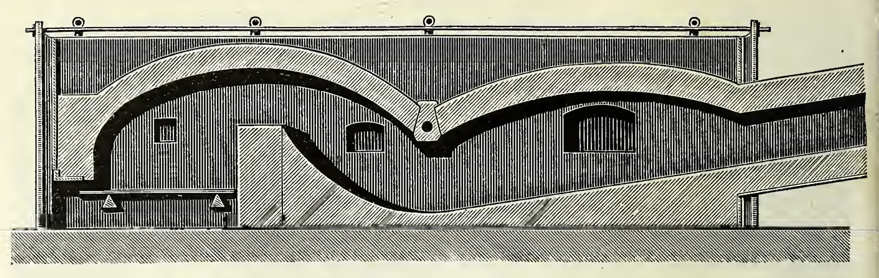
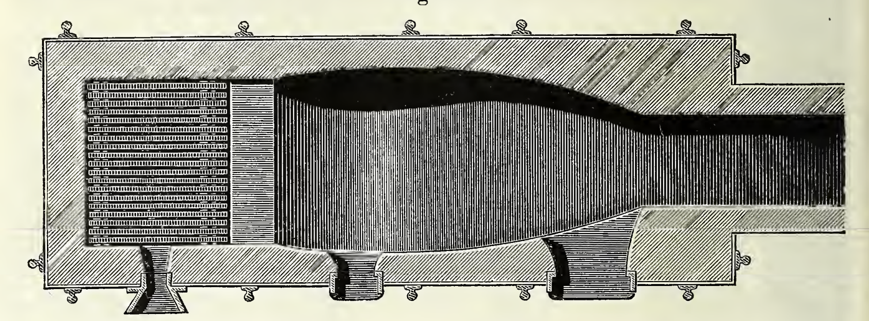


Fig. 209.



beiden Langseiten; von da ab steigt die Herdsohle stetig bis zum Fuchse empor und das ungeschmolzene Metall wird in der Nähe des letztern eingesetzt. Das Gewölbe hat gebrochene Gestalt, zieht sich zuerst tief über den Sumpf hinab, stützt sich dort senkrecht oberhalb des Stichlochs auf einen querlaufenden Gurtbogen und schwingt sich von da ab, der Steigung der Herdsohle entsprechend, in einem zweiten Bogen bis zum Fuchse empor.

Wie man sieht, ist bei beiden Ofensystemen das Bestreben vorhanden, durch geeignete Form des Gewölbes einestheils die Flamme auf das Metall niederzuziehen, anderntheils aber auch die vom Gewölbe aufgenommene Wärme auf das darunter befindliche Metall zurückstrahlen zu lassen. Von letzterem Gesichtspunkte aus nennen die Franzosen die Flammöfen fours à réverbère, die Engländer reverberatory-furnaces — Rückstrahlungsöfen.

Der Unterschied in der Wirkung jener beiden Ofensysteme ist folgender. Bei den deutschen Flammöfen befindet sich das eingesetzte Metall hinter der Feuerbrücke, durch diese um so mehr geschützt, je höher dieselbe ist, aber in gleichem Maasse auch der Einwirkung der Wärme entzogen. Die Folge davon ist, dass das Metall verhältnissmässig langsam einschmilzt, sobald es aber einmal geschmolzen ist, sich leicht in ausreichend hoher Temperatur erhalten lässt, während zugleich die grosse Oberfläche des Metallbades etwaigen chemischen Einwirkungen

des Gasstromes die beste Gelegenheit bietet. Es kommt hinzu, dass das geschmolzene Metall erst von der Spitze der Flamme, also von dem heissesten, aber auch am kräftigsten oxydirend wirkenden Theile derselben erreicht wird, nachdem die durch Thürspalten etc. angesogene atmospärische Luft sich bereits mit derselben vermischt hat. Ist das Metall also zur Oxydation geneigt, so kann nur durch eine stark reducirende Flamme eine reichliche Sauerstoffaufnahme beziehentlich Verschlackung vermieden werden, während anderntheils für ein raffinirendes Schmelzen, z. B. Gewinnung eines siliciumärmern Gusseisens aus siliciumreicherm Materiale, gerade diese Ofenconstruction vortheilhaft erscheinen muss.

Bei den Staffordshire-Oefen ist das ungeschmolzene Metall der Einwirkung der Flamme in der heissesten Zone des Ofens ungeschützt preisgegeben und das geschmolzene sammelt sich in einem Raume, welcher in gewissem Maasse durch die davor liegende Feuerbrücke einen gewissen Schutz gegen die directe Einwirkung der Flamme erhält, eine verhältnissmässig geringe Oberfläche besitzt und sich in einer Gegend des Ofens befindet, wo die oxydirende Wirkung der Flamme überhaupt eine geringere ist, als in der Spitze derselben. In Folge dieser Umstände ist der Staffordshire-Ofen durch rasches Einschmelzen und verhältnissmässig geringe Oxydation gekennzeichnet. Die tief niedergezogene Form des Gewölbes ermöglicht eine ausreichende Vorwärmung der Herdoberfläche in dem Sumpfe vor dem Schmelzen und befördert die spätere Einwirkung der Wärme auf das geschmolzene Metall in genügendem Maasse, um eine vorzeitige Erkaltung des Metallbades zu verhüten.

Werfen wir die Vortheile und Nachtheile beider Ofensysteme einander gegenüber in die Wagschale, so dürfte das Zünglein wohl in den meisten Fällen zu Gunsten der Staffordshireöfen, dem neueren Systeme, hinüberschlagen. In der That verdrängt dieses System in den meisten Giessereien mehr und mehr das andere und selbst da, wo man, an alten Vorurtheilen klebend, die Construction für diese oder jene Legirung nicht geeignet hält (z. B. in Glockengiessereien) dürfte das Vorurtheil schwinden, wenn man erst einmal den Versuch gewagt hat.

Werfen wir einen Blick auch auf den Grundriss des Herdes, so finden wir in den beiden oben gegebenen Beispielen (Fig. 207 und 209), dass derselbe an der Feuerbrücke so breit ist als diese lang (also die gleiche Breite des Rostes besitzt) und sich nach dem Fuchse hin zusammenzieht in Folge des Umstandes, dass der Querschnitt des Fuchses ein erheblich kleinerer sein muss als der Querschnitt des Flammenlochs. Die Zusammenziehung findet entweder vollständig gleichmässig in der ganzen Länge des Herdes statt wie in dem Ofen Fig. 207 oder erst in dem letzern Theile desselben, während der vordere Theil durch annähernd parallele Wände begrenzt ist. Eine stärkere Ausbauchung des Herdes nach der Mitte zu, wie man es hier und da findet, und wie es für andere metallurgische Processe zweckmässig sein kann, ist völlig zwecklos und beeinträchtigt nur die Wirkung der Flamme.

An der einen Seite des Herdes befinden sich die Thüröffnungen (Fenster), gewöhnlich zwei, eine zum Einsetzen des Metalls, die andere über dem Sammelraume für das flüssige Metall, um zu diesem gelangen zu können, wenn es nöthig werden sollte, erstarrte Ansätze loszubrechen, zu polen (S. 16), Legirungen durchzurühren und dergleichen. Die Thüröffnungen sind mit starken gusseisernen Thürzargen ausgerüstet und werden durch gusseiserne Thüren (die gewöhnlich zum Aufziehen vermittelst Kette und Hebel eingerichtet sind) verschlossen gehalten. Die Einsatzöffnungen werden bei Bronzeschmelzöfen, wenn der Einsatz beendet ist, vermauert. Bei dem in den Fig. 206 und 207 auf S. 238 abgebildeten Ofen befindet sich ausser der kleinern Einsatzöffnung *a* noch eine grosse dergleichen *b* jenseits des Rostes, welche zum Einbringen grosser bronzener Geschützrohre dient; ferner findet sich ausser der Arbeitsthür *c* eine zweite *d* auf der Stirnseite, welche gleichfalls zum Rühren, Polen, Aufbrechen etc. benutzt wird.

Die grösste Breite des Herdes befindet sich nach Obigem unmittelbar hinter der Feuerbrücke; die totale Fläche des Herdes muss in einem gewissen Verhältnisse zu der Rostfläche stehen. Ist die Herdfläche zu gross, so wird zur Erwärmung derselben in überschüssiger Weise Wärme verbraucht; ist sie zu klein, so ist das Metall in hoher Schicht auf einem engen Raume zusammengedrängt und wird schwieriger erwärmt. Nach Wiebe's Erfahrungsresultaten soll bei Steinkohlenfeuerung das Verhältniss der Grösse der Herdsohle zur freien Rostfläche = 6,66 : 1, zur totalen = 4 : 1 sein. Prüfen wir jedoch dieses Verhältniss bei den ausgeführten besseren Oefen, so finden wir nur bei den kleinsten derselben das Verhältnis der totalen Rostfläche zur Herdfläche wie 1 : 4, bei den mittleren Oefen fast immer wie 1 : 3, bei sehr grossen wohl nur wie 1 : 2. Die weiter unten gegebenen Beispiele ausgeführter Oefen werden ein deutlicheres Bild hiervon geben. Da eine wissenschaftlich begründete Regel fehlt, muss man sich eben auf Erfahrungsresultate stützen. Man darf nicht ausser Acht lassen, dass bei gegebener Breite und berechnetem Querschnitte des Herdes die Länge desselben zum Theile aus diesen Factoren hervorgeht; dass aber diese Länge zweckmässigerweise auch von der Beschaffenheit des Brennmaterials abhängig bleibt. Kurzflammiges Brennmaterial erfordert einen kürzern Herd, langflammiges einen längern. Diese Länge beträgt meistens 3 bis 4 Meter, nur bei ganz kleinen Oefen mit Holzfeuerung finden sich kürzere Herde, während längere als 4 Meter äusserst selten und gewiss nicht zu empfehlen sind. Durch trapezförmige Gestalt des Grundrisses lässt sich die Länge vergrössern, wenn dieselbe für die berechnete Fläche nicht ausreichend erscheinen sollte.

Die Höhe der Feuerbrücke über dem höchsten Punkte des Herdes, also derjenigen Stelle, auf welcher das ungeschmolzene Metall sich befindet, wird um so reichlicher bemessen, je mehr das Metall vor den chemischen Einwirkungen der Flamme geschützt werden soll. Besonders ist

dieses bei Oefen mit gestrecktem Herde der Fall, wo jene Stelle unmittelbar hinter der Feuerbrücke liegt, während bei Sumpföfen die Constrution des Gewölbes und höhere oder tiefere Lage des Fuchses mehr als die Höhe der Feuerbrücke die Wirkung der Flamme beeinflusst. Je mehr aber das Metall den chemischen Einflüssen der Flamme durch eine hohe Feuerbrücke entzogen wird, desto mehr wird auch die Wärmeabgabe an dasselbe erschwert, desto mehr Brennstoff muss also aufgewendet werden, um die gleiche Menge Metall zu schmelzen. Aus diesem Grunde legt man die Oberkante der Feuerbrücke bei Bronzeöfen gewöhnlich nicht höher als 200 bis 250 Mm. bei Eisenschmelzöfen 100 bis 200 Mm. über die höchste Stelle des Herdes.

Der Neigungswinkel des Herdes, beziehentlich die Tiefe des Sumpfs muss bei gegebener Herdfläche von der anzusammelnden Menge flüssigen Metalls abhängig sein.

Der Fuchs (*g* in Fig. 206) muss, wie aus praktischen Erfahrungen hervorgeht und sich theoretisch nachweisen lässt, bei jedem Flammofen einen bedeutend verengten Querschnitt besitzen, wenn die Wärme der durch den Ofen hindurchziehenden brennenden Gase in gehöriger Weise ausgenutzt werden soll. Wie jede unter Einwirkung eines gleichmässigen Luftzuges brennende Flamme in eine Spitze endigt, so müssen auch die Abmessungen des Ofens in ganz gleicher Weise nach dem Fuchse zu mehr und mehr verengt werden und die Verbrennungsgase müssen schliesslich durch den Fuchs mit grosser Geschwindigkeit entweichen. Nach einer empirischen Regel giebt man dem Fuchsquerschnitte $^1/_{10}$ der totalen Rostfläche und findet bei den meisten Oefen wenigstens annähernd dieses Verhältniss innegehalten.

Die erforderliche Geschwindigkeit der Gase bei ihrem Hindurchgehen durch den Fuchs wird durch die Esse hervorgerufen. Daher muss dieselbe hoch genug sein, und ihr Querschnitt muss in einem bestimmten Verhältnisse zur Rostfläche stehen, wenn die Verbrennung auf dem Roste richtig von Statten gehen und die erforderliche Wärmemenge entwickelt werden soll. Nach Wiebe soll der Querschnitt der oberen Essenmündung gleich 0,45 der freien Rostfläche sein. Auf die totale Rostfläche bezogen würde man demnach den Essenquerschnitt annähernd gleich 0,20 derselben zu construiren haben, eine Regel, welche bei ausgeführten Anlagen Bestätigung findet. Die Höhe der Esse sei nicht zu gering bemessen; nach Wiebe findet man eine zweckmässige Höhe derselben durch die Formel

$$H = 19 + \frac{25}{15\,d - 0{,}30} \text{ Meter,}$$

worin $d$ die lichte Essenweite in Metern bedeutet[1]).

[1]) Die von Wiebe für rheinländische Fusse aufgestellte, vom Verfasser für Metermaass umgerechnete Formel lautet:

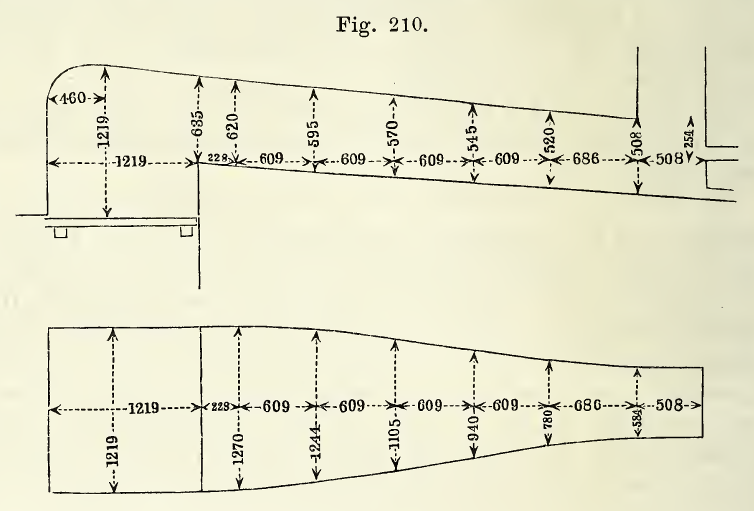
$$H = 60 + \frac{80}{5\,d - 1} \text{ rhnl. Fusse.}$$

Als Belege für die vorstehend gegebenen Erörterungen über die innere Construction der Herdflammöfen mögen ausser den bereits gegebenen Abbildungen einige weitere Beispiele ausgeführter Anlagen, durch Skizzen veranschaulicht, dienen.

Sämmtliche eingeschriebenen Maassen bedeuten Millimeter.

Fig. 210. Flammofen zum Roheisenschmelzen in der Kanonengiesserei der Vereinigten Staaten zu Westpoint[1]). Der Ofen schmilzt

Fig. 210.




in $5^1/_2$ Stunden 5000 Kilogramm Gusseisen, welche nach dem Schmelzen noch weitere $2^1/_2$ Stunden der Einwirkung der Hitze ausgesetzt werden. Charakteristisch ist die schwache Convergenz des Gewölbes gegen den Herd, hervorgerufen durch geringe Höhe des Flammenlochs, und das Fehlen der Feuerbrücke. Es wird dadurch ein Einsetzen sehr starker Roheisenstücke (Ausschussstücke) unmöglich gemacht, und es werden nur Roheisenbarren und schwache Stücke verschmolzen.

Fig. 211, Flammofen zu Mariazell in Steyermark zum Gusseisenschmelzen mit Holz[2]). Die Bedienung des Rostes geschieht durch zwei Füllschächte von oben; hinter dem Roste befindet sich in der Rückseite des Ofens, wie bei den Spandauer Flammöfen, eine Oeffnung zum Einbringen grosser Eisenstücke, welche ihrer Grösse halber durch die gewöhnliche Einsatzthür nicht einzubringen sein würden. Der Grundriss

---

[1]) Nach Dürre, Handbuch Taf. XIII, Fig. 8 und 9; ursprünglich aus: Reports of experiments on the properties of Metals for Cannon etc. by T. J. Rodman. Boston 1861, Taf. I.

[2]) Dürre, op. cit. Taf. XIV, Fig. 1.

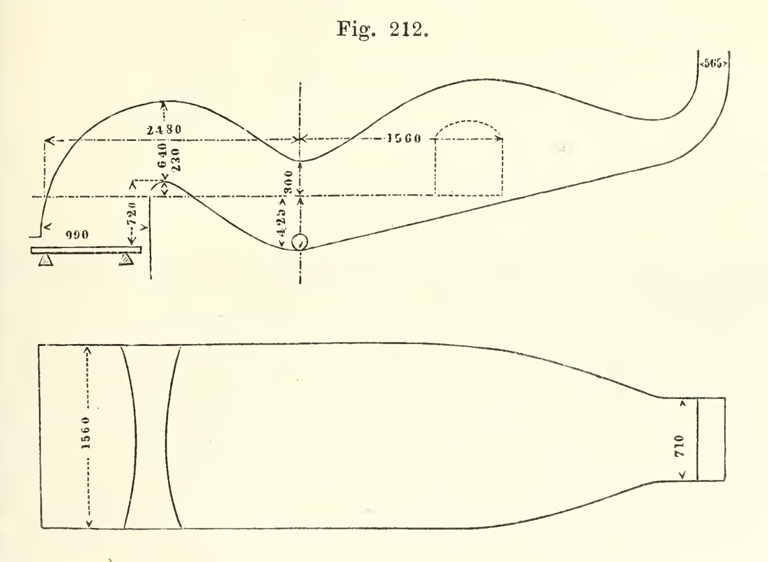
des Herdes ist trapezförmig, an der Feuerbrücke 1160 Mm., am Fuchse 945 Mm. breit. Auffallend ist die beträchtliche Höhe des Flammenlochs,

Fig. 211.

welche schwerlich durch die Anwendung von Holz genügende Begründung finden dürfte und nicht zu billigen ist.

Fig. 212. Flammofen in Königin-Marienhütte bei Cainsdorf in Sachsen zum Gusseisenschmelzen mit Steinkohlen. Der Ofen schmilzt in fünf

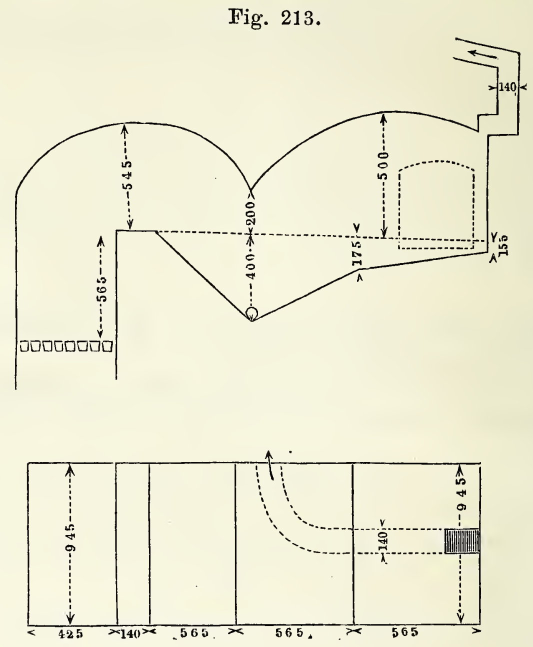
Fig. 212.




Stunden 5000 Kilogramm Gusseisen, welche in Blöcken von circa 350 Kilogramm Gewicht eingesetzt werden. Das Einbringen dieser grossen Stücke erheischt die Anwendung einer grossen Einsetzthür (830 Mm. hoch, 660 Mm. breit), und hierdurch stellt sich wieder die Nothwendigkeit heraus, das Gewölbe an dieser Stelle entsprechend hoch zu legen, wie aus der Skizze ersichtlich ist, ein Umstand, der zwar unvermeidlich ist, obschon er nicht gerade günstig auf Ausnutzung der Wärme wirken dürfte.

Fig. 213. Kleiner Bronzeschmelzofen mit Holzfeuerung für einen Einsatz von 2500 Kilogramm Metall in der Statuengiesserei von C. Alb. Bierling in Dresden. Es ist dieses ein Staffordshireofen der kleinsten Art und beweist durch die mit demselben erlangten günstigen Resultate,

Fig. 213.



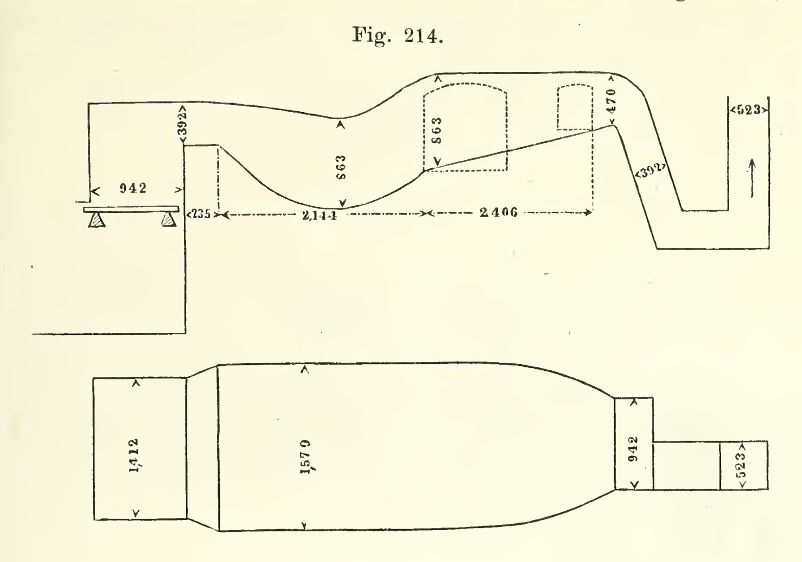

dass dieses Ofensystem auch für kleinere Oefen und für andere Metalle als Gusseisen sehr geeignet sei.

Da auch solche Constructionen unter Umständen Interesse verdienen und lehrreich wirken können, welche als verfehlt bezeichnet werden müssen, so möge als solches Beispiel die in Fig. 214 gegebene Skizze des Flammofens einer norddeutschen, dem Verfasser befreundeten Eisengiesserei dienen, deren Firma hier unerwähnt bleiben kann. Eine Beleuchtung der Constructionsverhältnisse dieses Ofens besitzt um so mehr Berechtigung, als derselbe offenbar genau nach einer im Jahrgange 1868 der Zeichnungen des Vereins „Hütte" auf Blatt 1 b befindlichen Abbildung gebaut ist, welche die Flammöfen der Kölnischen Maschinenbau-Actiengesellschaft zu Bayenthal bei Köln darstellt, und Mancher, in der Voraussetzung, dass in solcher Sammlung nur bewährte Constructionen aufgenommen würden, in Versuchung gerathen könnte, den Ofen abermals nachzubilden.

Der Ofen ist für einen Einsatz von ca. 5000 Kilogramm Roheisen bestimmt. Die Grösse der totalen Rostfläche ist 1,33 Quadratmeter, entspricht also ungefähr den oben aufgestellten Regeln. Der Querschnitt des Flammenlochs = 0,562 Quadratmeter, obschon im Allgemeinen etwas

klein, würde trotzdem noch als zulässig gelten können, wenn nunmehr die daraus sich ergebende Höhe des Gewölbes über der Herdsohle sich annähernd gleich bliebe. Während aber letztere sofort einen tiefen Sumpf bildet, läuft das Gewölbe in fast horizontaler Richtung weiter, so

Fig. 214.




dass sich die Höhe desselben über der tiefsten Stelle des Ofens auf 863 Mm. und der Querschnitt des letztern auf 1,35 Quadratmeter erweitert, und es wird in Folge eines spätern Ansteigens des Gewölbes dieser Querschnitt bis gegen das Ende des Herdes beibehalten, wo dann eine allmälige Verengung stattfindet. Eine derartige Gewölbeconstruction muss eine ungenügende Vorwärmung des Sumpfbodens, eine schwache Wärmeabgabe an das sich sammelnde flüssige Metall zur Folge haben und als fehlerhaft bezeichnet werden. Die totale Herdfläche ist 7,2 Quadratmeter gross, die Länge des Herdes 4,5 M., also beides nicht im Einklange mit den gleichen bei anderen Oefen als zweckmässig befundenen Abmessungsverhältnissen, sondern zu gross. Grössern Tadel aber verdient die Construction des Fuchses und der Esse. Ersterer besitzt einen Querschnitt von 0,37 Quadratmeter, also circa $^1/_4$ der totalen Rostfläche und somit viel zu gross; der Essenquerschnitt aber ist 0,27 Quadratmeter, also kleiner als der Querschnitt des Fuchses, während er in Bezug auf die Grösse der Rostfläche ausreichend gross gewesen sein würde.

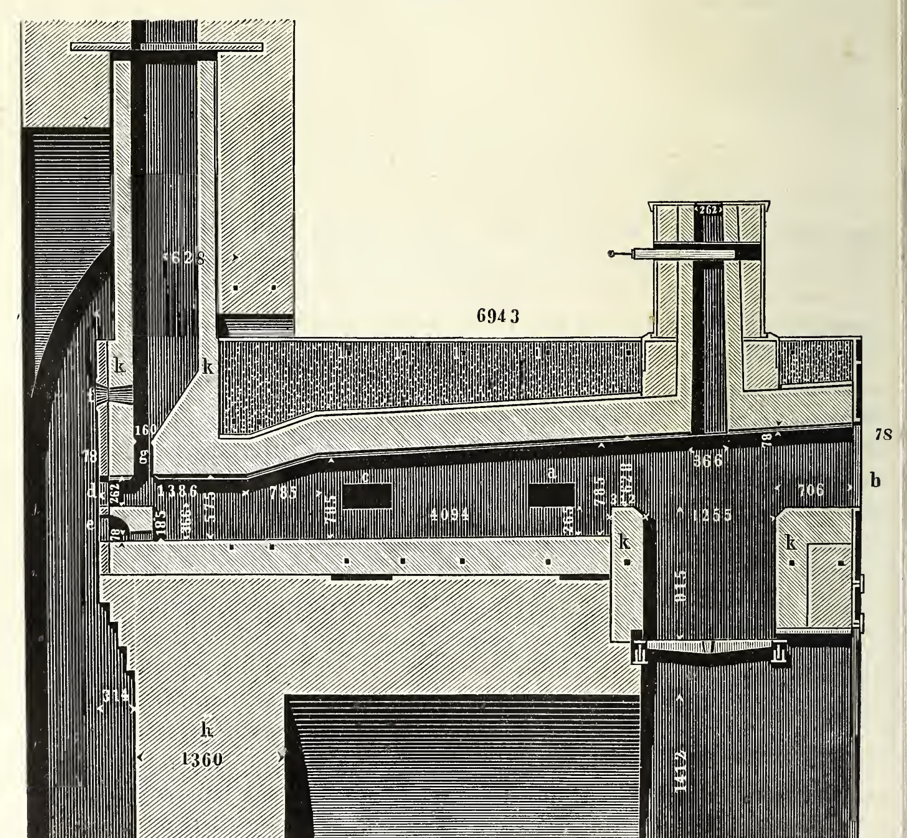
Die Folgen dieser fehlerhaften Abmessungen des Ofens zeigen sich bei dem Betriebe. Das Schmelzen geht matt und langsam von Statten und beansprucht 7 bis 8 Stunden; das erfolgende Eisen ist wenig hitzig und der Brennstoffverbrauch um circa 50 Proc. höher als bei zweckmässiger construirten Oefen.

## Einbau der Herdflammöfen.

Für die Beschreibung desselben mögen wieder die Spandauer Flammöfen benutzt werden, deren früher gegebene Abbildungen in den Figuren 215 und 216 wiederholt sind, und weiter unten in den Figuren 217, 218 und 219 durch Ansichten der äusseren Theile weitere Vervollständigung finden werden.

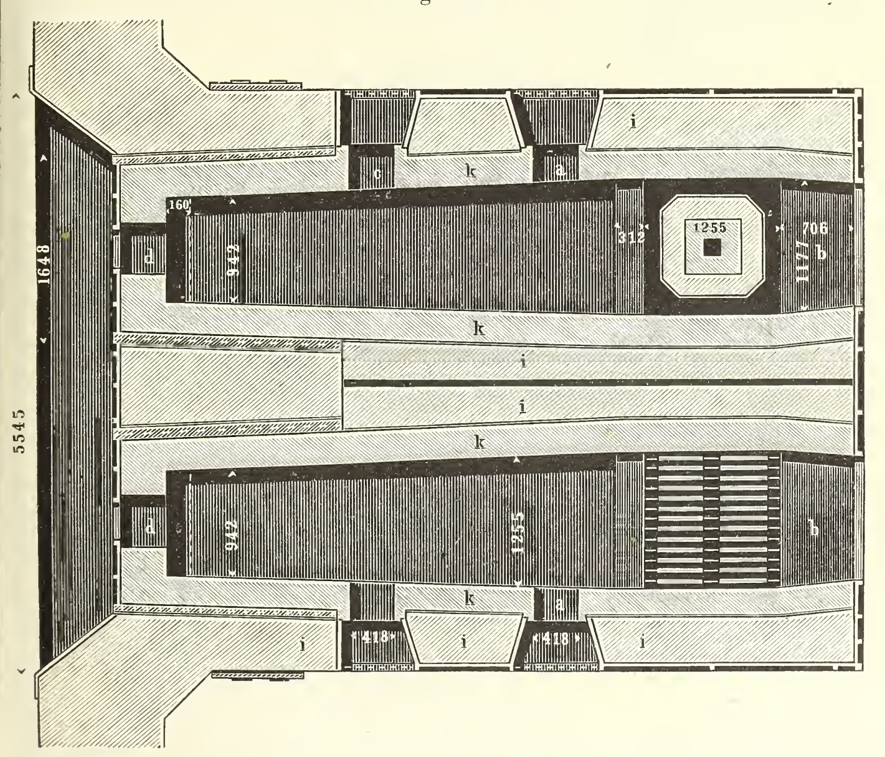
Wie bei jedem andern Bauwerke bildet das unter der Hüttensohle aus Bruch- oder Ziegelsteinen aufgeführte, den Eigenthümlichkeiten des Erdreichs entsprechend mehr oder minder starke Fundament die Grundlage des Ofens. Auf demselben baut sich rahmenartig der Fuss des Ofens auf, an der Rückseite mit der Aussparung für den Aschenfall versehen

Fig. 215.



und meistens aus Ziegelsteinmauerwerk errichtet. In Fig. 215 ist derselbe mit *h* bezeichnet. Er beginnt um so viel unterhalb der Sohle der Giesserei, als der Aschenfall vertieft liegt, und ragt bis zur Höhe des Herdes aus dem Boden heraus. Dieser Fuss trägt sowohl das aus gewöhnlichem Mauerwerk bestehende äussere Rauhgemäuer des Ofens *ii*, Fig. 216, als das aus feuerfestem Materiale hergestellte Futter *kk*, und es muss deshalb die Stärke des Fusses mindestens gleich der Stärke dieser beiden Ofentheile zusammen genommen sein. Das Futter macht man 125 bis 250 Mm. stark; den äusseren Begrenzungen des Rauh-

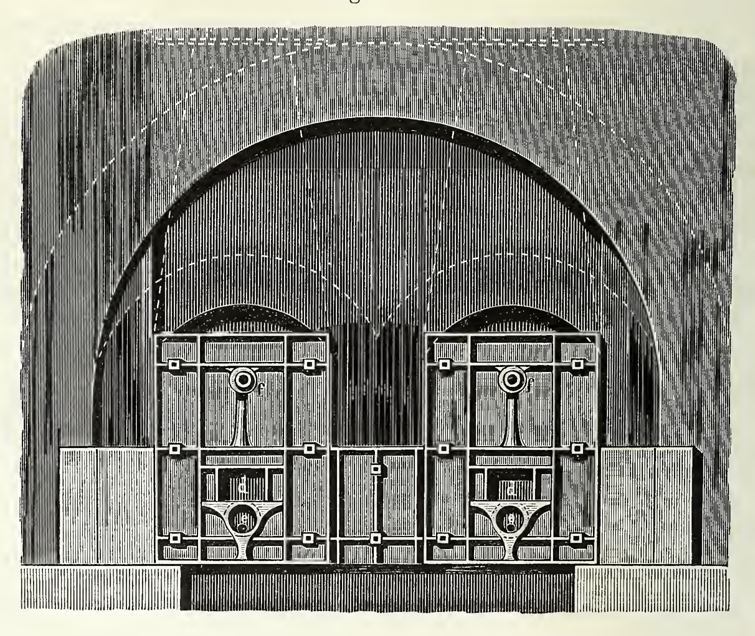
Fig. 216.




gemäuers giebt man einen rechteckigen Grundriss, so dass, wenn nicht das Ofeninnere gleichfalls rechteckige Verticalprojection zeigt, sich an verschiedenen Stellen verschiedene Wandstärken des Rauhgemäuers ergeben; an den schwächeren Stellen pflegt dasselbe 120 bis 125 Mm. (eine Steinbreite) stark zu sein, doch kommt es bei stark heraustretenden Theilen des Ofens auch wohl vor, dass das feuerfeste Futter dort die alleinige Umgrenzung bildet und das Rauhgemäuer an diesen Stellen ganz verschwindet (z. B. an der Stirn- und Rückseite des Ofens, Fig. 215). Das Futter wird erst eingesetzt, wenn das Rauhmauerwerk fertig ist.

Zwischen beiden wird ein Zwischenraum von 5 bis 10 Millimeter gelassen, damit das stärker erhitzte Futter sich frei ausdehnen kann. Da das Futter von den sämmtlichen in dem Ofen thätigen Einflüssen zuerst und am stärksten in Anspruch genommen wird, erfordert die Herstellung desselben besondere Sorgfalt. Das üblichste Material dafür sind Chamottesteine, seltener natürlich vorkommende feuerfeste Steine. Die Steine werden genau zusammen gepasst (am besten zusammen geschliffen) und mit möglichst wenig Bindemittel vermauert, welches zweckmässig aus gemahlenen Abfällen der Steine mit etwas feuerfestem Thone vermischt besteht. Je schwächer die Fugen ausfallen, desto besser hält das Mauerwerk, denn da das benutzte Bindemittel im Allgemeinen weni-

Fig. 217.



ger widerstandsfähig gegen die Hitze ist, als die Steine selbst, so pflegt an den Fugen das Wegschmelzen zu beginnen; und wenn dieselben so dick mit dem Bindemittel verstrichen sind, dass eine wirkliche Lücke entsteht, so wird nicht allein der Zusammenhang des Mauerwerks gelockert, sondern auch die Fläche für den Angriff des Schmelzens erheblich vergrössert. Es würde deshalb durchaus unzulässig sein, wenn der Maurer den Stein, wie es bei gewöhnlichem Mauerwerke üblich ist, in eine dicke Schicht des Bindemittels einbetten wollte; man taucht denselben vielmehr nur in die dünne breiartige Masse ein, reibt ihn auf seiner Unterlage fest und passt in gleicher Weise einen Stein neben den andern.

Da jede erforderlich werdende neue Ausfütterung des Ofens erhebliche Arbeitslöhne und Materialaufwand erheischt, so pflegt das beste

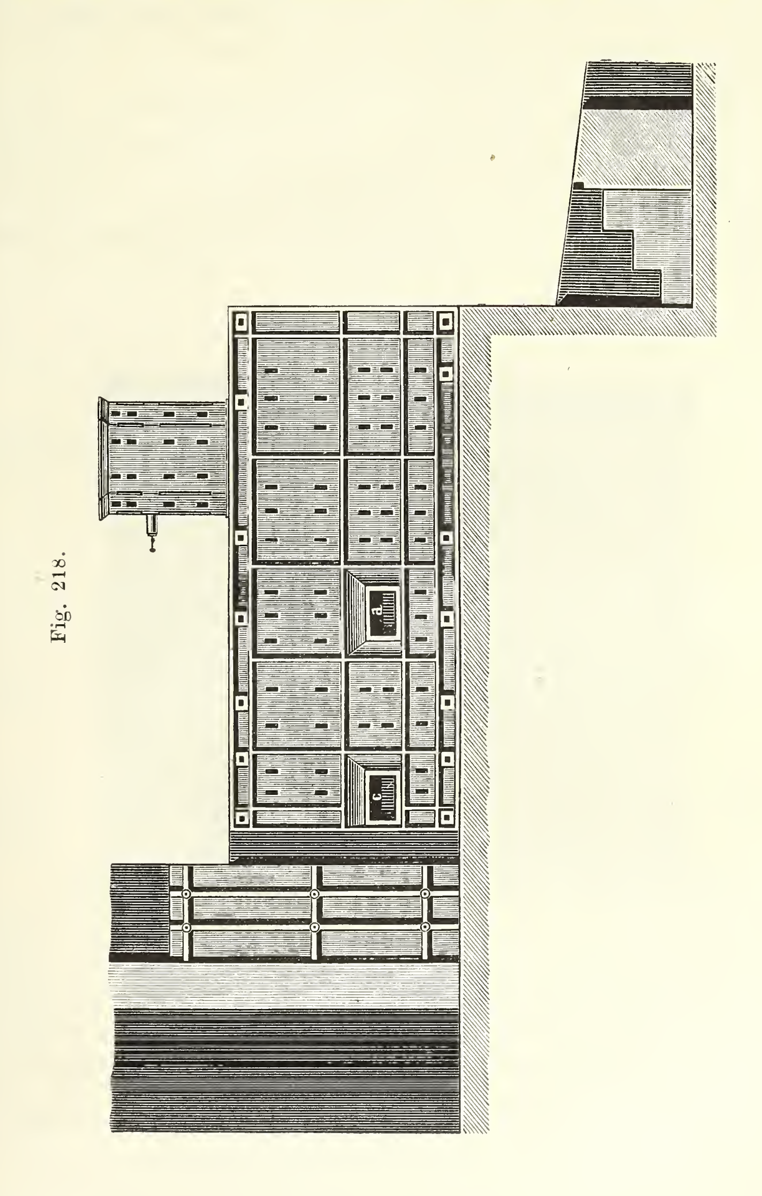


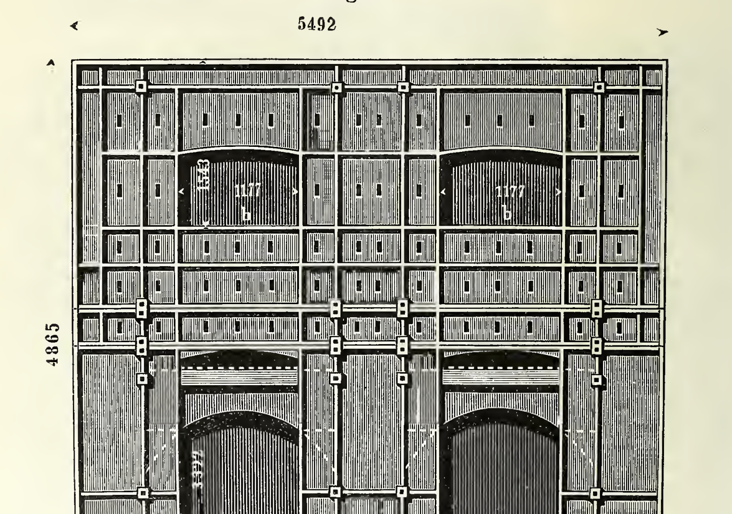

Fig. 218.

feuerfeste Material auch das relativ billigste zu sein. Es sei jedoch hierbei die Bemerkung gestattet, dass auch die Güte der feuerfesten Steine insofern ein relativer Begriff ist, als dieselbe zum grossen Theile von der Art der Verwendung abhängt. Ein Material, welches in Schachtöfen

sich als ausgezeichnet bewährt, kann unter Umständen im Flammofen in Folge der vollständig verschiedenen Einflüsse sich nur als mittelmässig erweisen und umgekehrt. Deshalb ist eine Prüfung der Steine mit besonderer Rücksicht auf die jedesmalige Verwendung erforderlich, bevor ein Urtheil über ihre Beschaffenheit möglich ist.

Weder eine sehr geringe, noch eine übermässige Stärke des Futters ist von Vortheil. Erstere macht ein öfteres Auswechseln erforderlich, womit jedesmal ein Verlust an Material verbunden ist, da natürlicherweise die Steine niemals völlig weggeschmolzen werden dürfen; letztere hat bei längerer Benutzung eine mehr und mehr fortschreitende Aenderung der Ofenabmessungen durch Wegschmelzen zur Folge, die eine

Fig. 219.




Grenze erreichen kann, wo eine neue Ausfutterung erforderlich wird, ohne dass die Steine bereits an und für sich unbrauchbar geworden wären. Der etwa erhoffte Vortheil aber, durch dickeres Futter und dickere Aussenwände die Wärmeausstrahlung zu mindern, wird immerhin durch den Umstand zum Theil ausgeglichen werden, dass die dickeren Steine bei ihrer verhältnissmässig grossen Wärmecapacität auch eine beträchtlich grössere Wärmemenge verschlucken, bevor der Ofen die zum Schmelzen erforderliche Temperatur erlangt, und dass diese Wärme völlig verloren ist, sobald der Ofen kalt gelegt wird, wie es besonders bei den Giessereiflammöfen meistens nach einmaligem Schmelzen zu geschehen pflegt. Deshalb dürften die oben gegebenen Ziffern für die Stärke des Futters als Grenzwerthe zu betrachten sein.

In dem Futter und Rauhgemäuer werden die durchgehenden Oeffnungen zum Einbringen, Schüren, Abstechen etc. ausgespart.

Von den Seitenwänden des Futters wird die gewölbte Decke des Ofens, gleichfalls aus feuerfesten Steinen hergestellt, getragen. Die Herstellung derselben ist bei den Oefen mit gestrecktem Herde einfacher als bei den Sumpföfen, wo sie aus zwei im Winkel zusammenstossenden Bogen besteht und an der Durchschnittslinie derselben, der tiefsten Stelle des Gewölbes oberhalb des Sumpfs, in hohem Maasse der Einwirkung der niedergedrückten Flamme ausgesetzt ist. Es dürfte deshalb die in Fig. 208 auf S. 240 gezeichnete Einrichtung nicht unzweckmässig sein, bei welcher die beiden Bogen sich an dieser Stelle auf einen querlaufenden Gurtbogen stützen, der aus Steinen mit hindurchgehendem Luftcanale gebildet ist, um durch hindurchstreichende Luft (die vermittelst einer Esse angesaugt werden kann) eine Kühlung dieser am meisten dem Wegschmelzen ausgesetzten Stelle zu bewirken.

Die Wände des Rauhgemäuers pflegt man bis mindestens zur Höhe des Gewölbescheitels, häufig noch etwas darüber hinaus, aufzuführen und den dadurch gebildeten Raum oberhalb des Gewölbes mit Sand, Asche oder sonstigen schlechten Wärmeleitern auszufüllen.

Futter und Gewölbe setzen sich bis zum Ende des eigentlichen Ofens fort und gehen dann gewöhnlich in einen aufsteigenden Canal über, welcher frei in die Esse hineinragt (s. Fig. 215) und als feuerfestes Futter des untern Theils der Esse betrachtet werden kann. Von dem eigentlichen Essengemäuer muss dieser Canal in Rücksicht auf seine Ausdehnung durch die Wärme ebenso unabhängig bleiben, wie das Futter des Ofens vom Rauhgemäuer desselben.

Die Esse wird deshalb gewöhnlich von einem gusseisernen Rahmen getragen, welcher auf gemauerten oder gusseisernen Pfeilern ruht, und bleibt somit ohne jede feste Verbindung mit dem eigentlichen Ofen, wie aus Fig. 215 ersichtlich ist.

Der Herd des Ofens lässt sich auf mehrfache Weise herstellen. Man kann den Raum zwischen den Umfassungswänden, welche den Fuss des Ofens bilden, mit einem porösen Materiale (Sand, Brocken von Ziegelsteinen oder Chamottesteinen oder dergleichen) ausfüllen, nachdem zuvor gegen den Aschenfall hin eine abgrenzende Querwand gezogen worden ist, und auf diese Unterlage den eigentlichen Herd aus einer mindestens 150 Mm. starken Lage von Masse (feuerfestem Thone mit Quarz- oder Chamottekörnen vermengt) aufstampfen; auch statt der Masseschicht wohl nur eine Schicht Quarzsand benutzen. Um ein Durchfressen des flüssigen Metalls durch den Herd zu verhüten, bringt man auch wohl unter die obere Schicht eine Lage Chamottesteine auf die vorher eingebrachte Unterlage von Sand oder Brocken.

Bei den Spandauer Oefen, Fig. 215 und 216, dient ein Gewölbe zwischen den Fussmauern zum Tragen des Herdes. Der letztere besteht

aus Chamottesteinen. Statt des Gewölbes dienen bisweilen starke gusseiserne Platten als Unterlage für den Herd, welche von querlaufenden, auf den Fusswänden ruhenden Trägern gestützt werden. Auf den Platten wird der Herd aus Masse, Sand oder feuerfesten Steinen hergestellt, so dass die Construction der in den Figuren 204 und 205 (S. 227) für einen Tiegelflammofen gegebenen Herdconstruction dadurch ähnlich wird.

Um das Mauerwerk gegen das Reissen in Folge der Erhitzung zu schützen und dem Gewölbeschub Widerstand zu leisten, fasst man den Ofen gewöhnlich durch starke gusseiserne Platten ein, welche durch querlaufende Anker *ll*, Fig. 215, oben und gewöhnlich auch unten zusammengehalten werden, wenn man es nicht vorzieht, sie unten einzumauern. Die Figuren 217, 218 und 219 geben die äussere Ansicht der Spandauer Oefen mit der gusseisernen Umfassung. Um nicht zu grosse Platten zu erhalten, welche sich schwieriger giessen lassen und leichter zerspringen als kleine, lässt man gewöhnlich, wie es auch bei Flammöfen für andere metallurgische Zwecke üblich ist, die Einfassung an den langen Seiten aus drei bis fünf Paar einzelner Platten bestehen, welche mit ihren senkrechten Kanten stumpf gegen einander stossen oder auch einigen Zwischenraum zwischen sich lassen können. Eine Verbindung der Platten unter sich durch angegossene, nach aussen gerichtete Ränder mit hindurchgesteckten Schraubenbolzen, wie man es hier und da findet, ist nicht allein überflüssig, sondern giebt bisweilen bei der Ausdehnung des Ofens sogar zu Brüchen Veranlassung. Zweckmässiger ist es, die Fuge zwischen je zwei Platten durch eine darüber gelegte Eisenschiene zu decken, welche als Ankerplatte dient, so dass die Gusseisenplatten nur durch diese letztere zusammengehalten sind, sich frei ausdehnen und zusammenziehen können.

---

Eine Abart von den bisher besprochenen Flammöfen mit directer Feuerung entsteht, wenn man, statt den Luftzug durch Ansaugen vermittelst der Esse hervorzubringen, Unterwind anwendet, d. h. einen gepressten Luftstrom unter den Rost führt, während der Aschenfall luftdicht abgeschlossen ist.

Es ist zu verwundern, dass über Giessereiflammöfen mit Unterwind bislang wenige oder gar keine Resultate in die Oeffentlichkeit gelangt sind, und es ist anzunehmen, dass man betreffende Versuche noch sehr wenig angestellt hat. Nach des Verfassers Ansicht dürfte die Anwendung von Unterwind, welche bei Flammöfen für andere Processe (Schweissöfen, Glühöfen und anderen) bereits günstige Ergebnisse geliefert hat, bei Giessereiflammöfen schon deshalb vortheilhaft wirken, weil das Ansaugen unverbrannter Luft durch die Fugen der Arbeitsthüren, also auch die Oxydation des Metalls, verhütet oder verringert werden muss, sobald

die Essenwirkung durch Anwendung des Unterwinds abgeschwächt werden kann; eine Ersparung an Brennstoff ist ausserdem den bei anderen Flammöfen mit Unterwind erlangten Resultaten zufolge nicht unwahrscheinlich. Bisher scheute man sich jedenfalls vor den Kosten eines Gebläses mit Windleitung; die Anwendung eines Körting'schen Dampfstrahlgebläses, allen Erfahrungen zufolge für Erzeugung von Unterwind vorzüglich geeignet, würde die Anlage- und Betriebskosten auf ein sehr geringes Maass reduciren, sobald in der Giesserei in der Nähe der Flammöfen ein im Betriebe befindlicher Dampfkessel vorhanden ist.

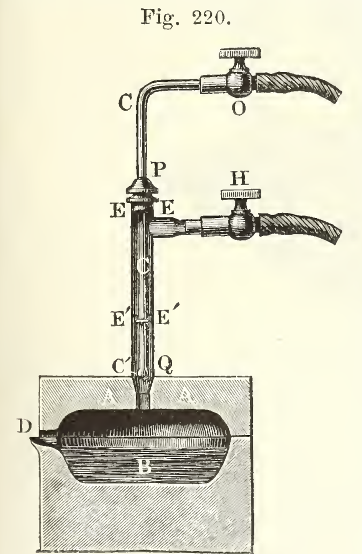
Ein Versuch, Giessereiflammöfen mit Unterwind zu betreiben, dürfte deshalb im Interesse aller derjenigen Giessereien liegen, deren Flammöfen öfter benutzt werden und deren innere Einrichtung die Aufstellung eines Dampfstrahlgebläses ermöglicht.

## Herdflammöfen mit Gasfeuerung.

Die kleinste Art dieser Oefen wird angewendet, um Platin und dessen Legirungen zu schmelzen. Als Brennmaterial dient Wasserstoffgas oder Leuchtgas; zur Verbrennung Sauerstoffgas, wenn es sich um Erreichung der höchsten Temperatur handelt.

Fig. 220 stellt einen derartigen kleinen, von Deville und Debray construirten Ofen für kleine Mengen (unter 4 Kilogramm) Platin dar. Als Material dient Kalkstein, welcher auf der Drehbank ausgedreht wird. Der Ofen besteht aus dem Untertheile *B*, dem eigentlichen Herde, und dem Deckel *A*. An der Seite befindet sich der Ausguss *D* zum Entleeren des Ofens und zum Entweichen des verbrannten Gases. In dem Deckel ist das in einem Platinansatze *E' E'* endigende Kupferrohr *E E* befestigt, durch welches nach dem Oeffnen des Hahns *H* das Gas zuströmt; in dem Rohre *E E* liegt ein zweites Kupferrohr *C*, vorn in einem Platinknopfe von 2 bis 3 Mm. Durchmesser im Lichten endigend und mit dem Hahne *O* versehen, welches zur Zuführung des Sauerstoffs dient. Die Schraube *P* dient zur Befestigung von *C* in *E* und zur Verstellung der Höhe.

Fig. 220.



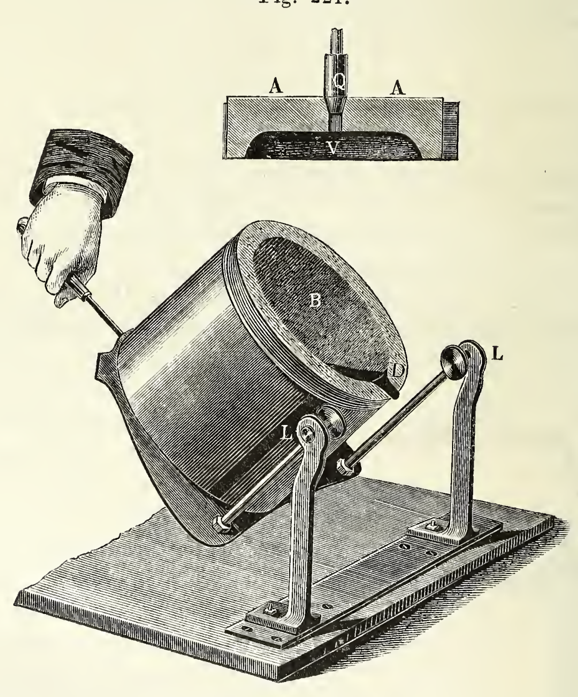

Zum Schmelzen grösserer Mengen Platin als 4 Kilogramm gebraucht man den in Fig. 221 (a. f. S.) abgebildeten Ofen. Die Einrichtung desselben im Wesentlichen ist die nämliche, wie die des kleinen Ofens; nur

ist der grössere Ofen mit einem Blechmantel und einer Vorrichtung zum Kippen versehen, um das Ausgiessen des Metalls ohne Gefahr und ohne Schwierigkeit ausführen zu können.

Es sei nebenbei bemerkt, dass man im Stande ist, in letzterem Ofen in 42 Minuten 11,5 Kilogramm Platin mit einem Verbrauche von 1200 Liter Sauerstoffgas zu schmelzen.

Grössere Herdflammöfen mit Gasfeuerung zum Schmelzen von Stahl, Gusseisen, Bronze und dergleichen werden stets mit Generatorgasen geheizt. Bei gewöhnlichen Oefen dieser Art würde die innere Einrichtung sich nur hinsichtlich der Feuerung von der Einrichtung der Oefen mit Rost zu unterscheiden brauchen, indem statt des letzteren

Fig. 221.




eine Kammer vorhanden sein muss, in welcher das Gas mit der Verbrennungsluft gemischt wird. Verfasser bekennt, dass ihm Notizen über ausgeführte Anlagen dieser Art nur in sehr geringem Umfange bekannt geworden sind. Hierher gehört ein zu Königshütte in Schlesien zum raffinirenden Schmelzen von Gusseisen im Jahre 1843 im Betriebe gewesener Ofen (Eck'scher Feinofen), welcher in Karsten's Archiv für Mineralogie etc., Bd. XVII, S. 795, sowie in Wedding's Darstellung schmiedbaren Eisens, S. 36, abgebildet und ausführlich erläutert worden ist. Da die Construction jenes Ofens für jetzige Verhältnisse kaum irgend einen andern als historischen Werth besitzen kann, sehen wir von einer Wiedergabe jener Abbildungen und Erläuterungen

ab. Ausserdem ist ein mit Holzgasen betriebener Sumpfofen zu Perm zu nennen, für den Guss eiserner Kanonen bestimmt und von Tunner in seinem Werke: Russlands Montanindustrie, Leipzig 1871, S. 125, beschrieben.

Wendet man statt der gewöhnlichen Gasfeuerung Siemens'sche Regenerativfeuerung an, so muss sich die Form des Ofens dem Umstande entsprechend ändern, dass der Gasstrom den Herd in abwechselnd umgekehrter Richtung bestreicht. Der Grundriss und das Verticalprofil erhalten dadurch eine mehr symmetrische Gestalt: in der Mitte liegt der Sumpf für das geschmolzene Metall, zu beiden Seiten die Canäle, welche sowohl zur Einströmung von Gas und Luft, als zur Ausströmung der Verbrennungsproducte dienen. In einer Berliner Eisengiesserei soll ein derartiger Ofen zum Gusseisenschmelzen eingerichtet worden sein. Näheres ist darüber nicht bekannt geworden, vermuthlich weniger aus Furcht vor Concurrenz, als wegen der damit erlangten negativen Resultate. Die Gründe für diese Ansicht wurden theilweise schon früher dargelegt. Auch für den beständigen Betrieb einer Eisengiesserei ist ein Flammofen mit Siemens'scher Feuerungsanlage ein weniger geeigneter Apparat und in seinen Leistungen weniger vollkommen als der die unten zu besprechende vierte Gruppe der Schmelzapparate repräsentirende Cupolofen; in solchen Fällen aber, wo der Ofen nach dem Kaltliegen zu einem einzigen Gusse in Betrieb gesetzt wird, leistet ein gewöhnlicher, in seiner Anlage billigerer und in seiner Bedienung einfacherer Flammofen mit directer Feuerung annähernd dasselbe als ein Siemens'scher Ofen, dessen Brennstoffersparniss aus nahe liegenden, schon früher berührten Gründen erst dann zu Tage tritt, wenn in anderen Oefen das Schmelzen bereits sein Ende erreicht hat.

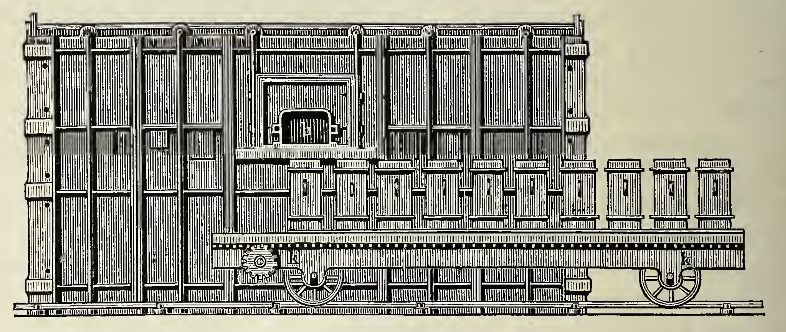
Vereinzelte Anwendung Siemens'scher Flammöfen zum Roheisenschmelzen findet sich wohl in Verbindung mit Bessemer-Werken, wo also das geschmolzene Eisen nicht zum Giessen, sondern für die Stahldarstellung verwendet wird. So, nach Gruner, in Terre-Noire. Die Anwendung der Siemens'schen Feuerung hat hier wenigstens insofern ihre Berechtigung, als das Schmelzen ununterbrochen fortgeht; immerhin zieht man in den überwiegend meisten Fällen auch für den genannten Zweck das Schmelzen im Cupolofen dem Flammofenschmelzen wegen des günstigern Wirkungsgrades des erstern vor.

Weit wichtiger ist aber die Anwendung von Flammschmelzöfen nach Siemens' System in neuerer Zeit für solche Werke geworden, auf denen man in ununterbrochenem oder doch mehrtägigem Betriebe Abfälle der Stahlverarbeitung einschmilzt, um daraus Gegenstände zu fertigen, bei denen die durchaus gleichartige Zusammensetzung, wie sie nur der in Tiegeln geschmolzene Gussstahl besitzen kann, weniger schwer in die Wagschale fällt. Die in einem Flammofen mit directer Feuerung erreichbare Temperatur genügt nur unvollkommen zur Durchführung eines solchen Gussstahlschmelzens, während die Siemens'sche Gasfeuerung in

Folge des Umstandes, dass dem Ofen ein grosser Theil Wärme durch die Erhitzung von Gas und Luft ohne Vermehrung des Gasquantums zugeführt wird, die Möglichkeit giebt, weit höhere Wärmegrade als in jenem hervorzurufen [1]).

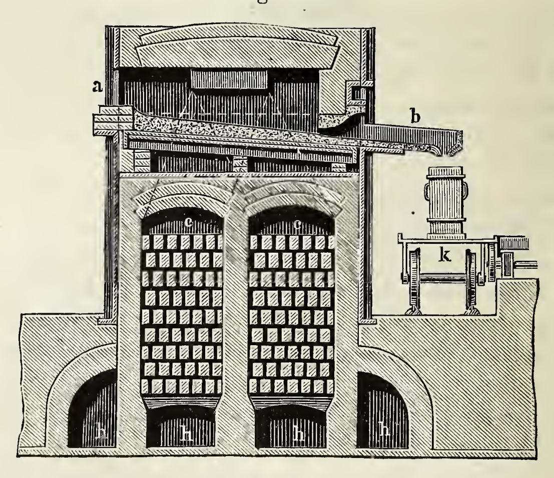
Man nennt diese Oefen Siemens-Martin-Oefen nach den Erfindern der Feuerungsanlage und des Verfahrens. Da die nämlichen Oefen nicht

Fig. 222.



allein zum Einschmelzen von Stahl, sondern vorzugsweise auch zum Zusammenschmelzen von Stahl- und Schmiedeeisenbrocken mit Roheisen zu

Fig. 223.



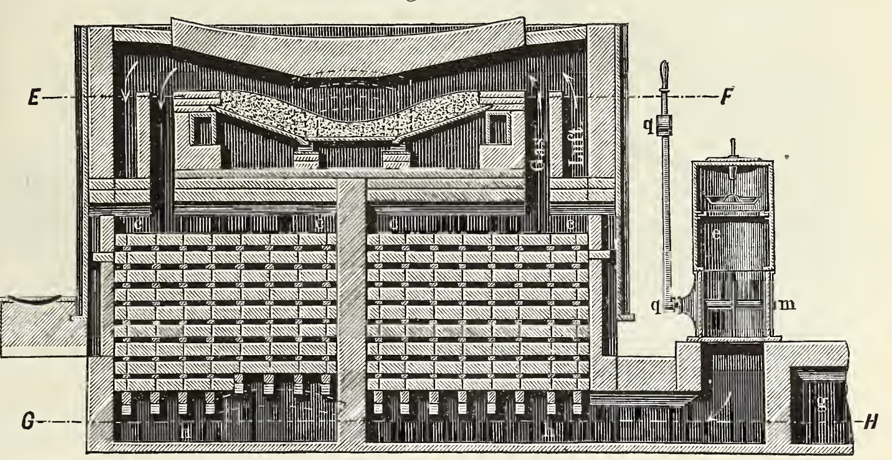

dem Zwecke der Stahldarstellung benutzt werden, so gehören sie von diesem Gesichtspunkte aus eher der Eisenhüttenkunde als der Technolo-

[1]) Bekanntlich ist der theoretische Wärmegrad bei irgend einer Verbrennung gleich dem Quotienten aus der erzeugten Wärmemenge dividirt durch die Menge der Verbrennungsproducte mal ihrer specifischen Wärme. Je weniger Verbrennungsproducte bei gleicher erzeugter Wärmemenge also erfolgen, desto höher muss der Wärmegrad sein.

gie an, und wir begnügen uns in den Figuren 222 bis 226 Abbildungen eines derartigen Ofens mit wenigen Erläuterungen zu geben [1]).

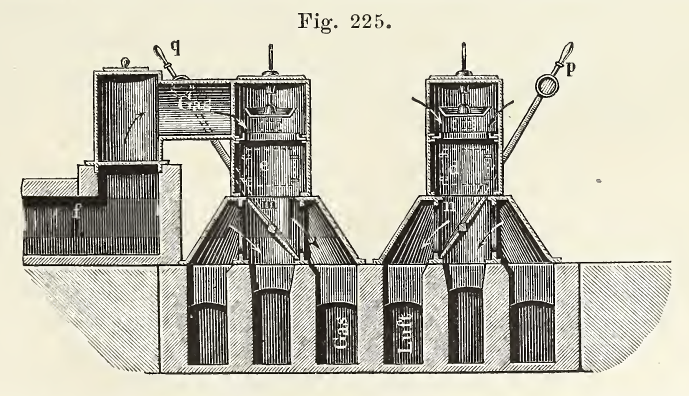
Es befindet sich in der Mitte des Ofens der Herd, aus Sand hergestellt und von gusseisernen Platten getragen, an deren unteren Seite die Luft zur Kühlung freien Zutritt hat. Durch senkrechte Canäle treten Luft und Gas, aus einem Regeneratorpaar aufsteigend, in die Mischungs-

Fig. 224.




kammer, streichen brennend über den Herd hinweg und ziehen schliesslich am entgegengesetzten Ende des Herdes durch gleiche Canäle nach dem zweiten Regeneratorpaare ab. An den Langseiten des Ofens befinden sich Thüren zum Einsetzen des rohen Metalls sowie das Stichloch, entweder

Fig. 225.



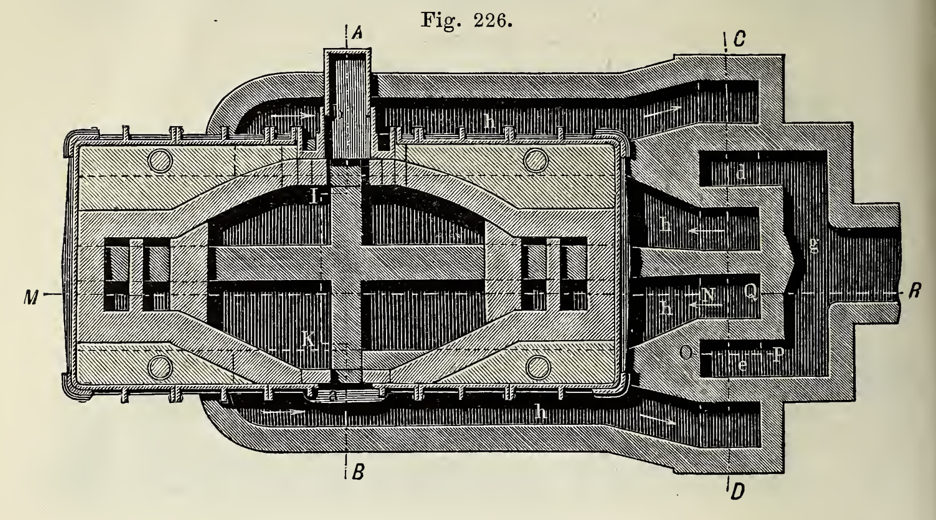

sämmtlich auf einer einzigen Seite oder, wie in den gegebenen Abbildungen, das Stichloch der Einsatzthür gegenüber. Der Herd ist nach der Seite des Stichlochs hin geneigt, um das Ausfliessen des Metalls zu erleich-

[1]) Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens Fig. 151 bis 155; Revue universelle t. 28, p. 181, Pl. IX.

tern. Vor dem Stichloche ist eine eiserne mit Masse ausgeschlagene Ausflussrinne *b* angebracht, durch welche das Metall in die bereit gehaltenen Gussformen abläuft (Fig. 222 und 223).

Die Anordnung der Canäle für Gas und Luft sowie der Wechselventile dürfte aus den Figuren 224, 225 und 226 verständlich sein.

Fig. 226.




Der mittlere der unter jedem Ventile befindlichen drei Canäle dient in allen Fällen zur Fortführung der verbrauchten Gase nach dem Schornsteine, welche bei der in Fig. 225 gezeichneten Stellung der Ventile durch die beiden äussersten rechts und links gelegenen Canäle von den Regeneratoren herzuströmen; wird umgeschaltet, d. h. die Ventilklappen um 90 Grad gedreht, so dienen jene Canäle zur Zuleitung von Gas und Luft nach den Regeneratoren, während die verbrauchten Gase durch die beiden innersten Canäle davon geführt werden.

### Werkzeuge beim Flammschmelzofen.

Dieselben bestehen vornehmlich aus breiten Schaufeln zum Einsetzen der Metallstücke; aus schmiedeeisernen Stangen (Spiessen oder Spetten) von verschiedener Länge, an dem vorderen Ende verstahlt, theils meisselartig zugeschärft (Brechstangen, Meisselspiesse) zum Losbrechen und Wenden der am Boden festschmelzenden Metallstücke, theils mit Spitze zum Oeffnen des Stichs; aus starken hölzernen Stangen bei Legirungen zum Umrühren und Polen.

### Das Arbeitsverfahren beim Flammofenschmelzen

beruht auf dem Einsetzen, dem Schmelzen und dem Abstechen. Das Einsetzen geschieht entweder, bevor der Ofen angefeuert worden ist, und

zwar befolgt man diese Methode als die bequemere stets dann, wenn eine Oxydation weniger zu befürchten ist; oder man setzt erst ein, wenn der Ofen zur Schmelztemperatur erhitzt worden ist. Schmilzt man mehrere Metalle zu Legirungen zusammen, so pflegt man auch hier wie beim Tiegelschmelzen das bei höherer Temperatur schmelzende Metall zuerst einzuschmelzen und dann dem Metallbade das vorher angewärmte leichter schmelzbare (und leichter flüchtige) Metall (Zinn, Zink, Blei) zuzusetzen. Während des Schmelzens wird die Sohle des Herdes mit der Brechstange untersucht, ob nicht Stücke Metalls festgeschmolzen sind, und es werden dieselben in diesem Falle sofort losgebrochen und umgewendet.

Ist das sämmtliche Metall in Fluss gekommen, und hat man sich durch eine genommene Probe von der richtigen Beschaffenheit überzeugt, so schliesst man, bevor zum Abstiche geschritten wird, sämmtliche Thüren und giebt kurze Zeit recht intensive Hitze, um das Metall in die zum Giessen erforderliche Temperatur zu versetzen. Das Oeffnen des Stichs geht meistens ohne Schwierigkeit durch Eintreiben der spitzen Eisenstange in das mit einem Thonpfropfen verschlossene Stichloch vor sich; nur wenn bei kaltem Gange des Ofens sich metallische Ansätze gebildet haben, wird ein Losmeisseln derselben durch Ansetzen der geschliffenen Meisselspiesse und kräftige Hammerschläge auf den Kopf derselben erforderlich.

## Wirkungsgrad der Herdflammöfen.

1. In Königin-Marienhütte gebraucht man in dem in Fig. 212 auf S. 245 skizzirten Ofen zum Einschmelzen von 5000 Kilogramm Roheisen, welches in grossen Blöcken (Ausschuss- und Bruchstücken) eingesetzt wird, 800 Kilogramm böhmische Braunkohle von der auf S. 217 gegebenen Zusammensetzung nebst 1700 Kilogramm Zwickauer Steinkohle mit 4 Proc. Asche, $4^1/_2$ Proc. Wasser und einer Wärmeleistung von 7300 Wärmeeinheiten.

| | | |
|---|---|---|
| 800 Klgr. Braunkohlen geben Wärme | $800 \times 4820 =$ | 3 856 000 W.-E. |
| 1700 Klgr. Steinkohlen geben Wärme | $1700 \times 7300 =$ | 12 410 000 W.-E. |
| | Summa | 16 266 000 W.-E. |

5000 Kilogramm Roheisen enthalten im geschmolzenen Zustande $5000 \times 250 = 1\,250\,000$ Wärmeeinheiten, also Wirkungsgrad

$$E = \frac{1\,250\,000}{16\,266\,000} = 0{,}076.$$

Obiger in Königin-Marienhütte stattfindende Brennstoffverbrauch würde noch etwas günstiger ausfallen, wenn das Roheisen in kleineren Stücken zum Schmelzen gebracht werden könnte. Er entspricht trotzdem dem durchschnittlichen Brennstoffverbrauche der meisten gut construirten Flammöfen mit directer Feuerung zum Roheisenschmelzen. Erheblich günstigere Resultate dürften kaum irgendwo nachgewiesen

worden sein. Unter ungünstigen Verhältnissen, wozu besonders eine unzweckmässige Ofenconstruction und kleines Gewicht des Einsatzes im Verhältniss zur Grösse des Ofens zu rechnen ist, steigt dagegen der Brennstoffverbrauch auf 75, mitunter sogar bis auf 100 Kilogramm Steinkohlen per 100 Kilogramm zu schmelzenden Eisens, und es verringert sich demnach der Wirkungsgrad des betreffenden Ofens; doch das sind Fälle, die nicht als Regel, sondern als Ausnahme gelten sollten.

2. Zur Berechnung des Wirkungsgrades der Spandauer Bronzeschmelzöfen wurden auf Ersuchen des Verfassers durch die königliche Direction der Geschützgiesserei folgende Ermittelungen veranlasst.

Erster Versuch. Es wurden 10 600 Kilogramm Bronze mit 10 Proc. Zinngehalt zu einem Geschützgusse eingesetzt und geschmolzen. Von der geschmolzenen Bronze, welche zwei angestellten Messungen zufolge eine durchschnittliche Temperatur von 1530$^0$ C. besass, wurde eine Schöpfprobe im Gewichte von 2,48 Kilogramm in 40 Kilogramm Wasser gegossen und erhöhte die Temperatur desselben von 7,5$^0$ R. auf 14,55$^0$ R., also um 7,05$^0$ R. = 8,8$^0$ C.; demnach aufgenommene Wärme des Wassers $40 \times 8{,}8 = 352$ Wärmeeinheiten. Hierzu die Wärmemenge, um 2,48 Kilogramm Bronze von Nullgrad auf 18$^0$ C. (14,55$^0$ R.) zu erwärmen, welche bei der specifischen Wärme der Bronze = 0,0913 vier Wärmeeinheiten beträgt, giebt als Totalmenge der von 2,48 Kilogramm flüssiger Bronze aufgenommener Wärme 356 Wärmeeinheiten; also von 10 600 Kilogramm 1 521 612 Wärmeeinheiten [1]).

Verbraucht wurden lufttrockenes Kiefernholz 12 Kubikmeter à 304 Kilogramm = 3648 Kilogramm, 1 Kilogramm Holz besitzt bei 1 Proc. Asche und 18 Proc. Wasser eine Wärmeleistung von circa 3500 Wärmeeinheiten, demnach Wirkungsgrad des Ofens

$$E = \frac{1\,521\,612}{3648 \times 3500} = 0{,}119$$

Zweiter Versuch. 9600 Kilogramm Bronze in Spähnen wurden geschmolzen, davon 1,633 Kilogramm in 40 Kilogramm Wasser gegossen, dessen Temperatur dabei von 6,5$^0$ R. auf 11,7$^0$ R., also um 5,2$^0$ R. gleich 6,5$^0$ C. stieg, während zwei Temperaturmessungen des Metallbades eine durchschnittliche Temperatur desselben von 1623$^0$ C. ergaben. Hieraus ergiebt sich die Totalmenge der von 9600 Kilogramm Bronze aufgenommenen Wärme

$$\left[\frac{6{,}5 \times 40}{1{,}633} + 0{,}0913 \times 14{,}6\right] 9600 = 1\,540\,800 \text{ Wärmeeinheiten } ^{2)}.$$

---

[1]) 1 Kilogramm Bronze enthielt also 143,5 Wärmeeinheiten. Bei der Berechnung ist angenommen, dass die Bronze mit einer Temperatur von Nullgrad eingesetzt worden sei; da das Schmelzen im Winter geschah, dürfte diese Annahme nicht erheblich von der Wahrheit abweichen.

[2]) 1 Kilogramm flüssige Bronze enthielt 160,5 Wärmeeinheiten, Durchschnittsresultat beider Versuche für die bei der Giesstemperatur der 10 Proc. Zinn haltenden Bronze von derselben aufgenommenen Wärme 157 Wärmeeinheiten.

Verbraucht wurden 15 Cubikmeter = 4560 Kilogramm Holz, also Wirkungsgrad des Ofens

$$E = \frac{1\,540\,800}{4560 \times 3500} = 0{,}096.$$

Aehnliche Resultate liefert der in Fig. 213 skizzirte Bronzeschmelzofen des Herrn F. A. Bierling. Man gebraucht, um 2500 Kilogramm Bronze zu schmelzen, 3 Cubikmeter Holz, also pro 100 Kilogramm Bronze 0,12 Cubikmeter, was dem Spandauer Holzverbrauche zum Geschützgusse gleich kommt.

Die in Spandau angestellten Temperaturmessungen geben uns einen Fingerzeig für die Ursachen der ungünstigeren Resultate des dortigen zweiten Schmelzens. Je höher ein Metall erhitzt wird, je mehr sich seine Temperatur also derjenigen der wärmeabgebenden Factoren nähert, desto langsamer findet Wärmeaustausch statt, desto mehr Wärme entweicht ungenutzt und desto ungünstiger wird sich der Wirkungsgrad des Ofens beziffern. Bei dem ersten Schmelzen war das Metall auf 1530°, bei dem zweiten auf 1623°, also fast 100° höher, erhitzt. Hierbei waren aber, was ausdrücklich hervorgehoben zu werden verdient, dem ersten Metallbade bereits 2080 Kilogramm, dem zweiten Metallbade 3600 Kilogramm kalter Metallspähne zur Abkühlung der überhitzten Bronze zugesetzt worden (welche in dem angegebenen Einsatze inbegriffen sind); bei dem relativ grössern Zusatze, welchen das zweite Metallbad erhielt, ehe es auf 1623° abgekühlt worden war, lässt sich mit Sicherheit schliessen, dass die Temperaturdifferenz vor dem Zusatze eine noch beträchtlichere als 100° gewesen sein muss.

Unter demselben Umstande leidet jedenfalls auch der Wirkungsgrad der Eisenschmelzöfen (vergl. Ermittelung 1), welche gewungen sind, ihr Metall auf noch höhere Temperaturen als jene Bronzeschmelzöfen zu erhitzen.

Als Durchschnittsresultat der Ermittelungen sub. 1 und 2 ergiebt sich ein Wirkungsgrad der Herdflammöfen mit directer Feuerung:

$$E = 0{,}097.$$

3. Gruner giebt an, dass bei dem schon erwähnten Siemens'schen Flammofen zu Terre-Noire während eines ununterbrochenen Betriebes zum Schmelzen von 100 Kilogramm Roheisen 20 Kilogramm Steinkohlen, bei einem Gasofen mit Ponsard'scher Feuerung[1]) die gleiche Menge Steinkohlen mit einem Aschen- und Wassergehalte von in Summa 10 Proc. verbraucht werde. Die nutzbare Leistung jener Kohlen wird

---

[1]) Ueber Ponsard'sche Feuerungsanlagen siehe: Dingler's polytechnisches Journal Bd. 219, S. 125; Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens S. 716; Kerl, Grundriss der Eisenhüttenkunde, Leipzig 1875, S. 305. Wir werden bei Besprechung des Schweissens und Glühens der dehnbaren Metalle eingehender auf diese Feuerungen zurückkommen.

sich auf annähernd 7000 Wärmeeinheiten beziffern; demnach Wirkungsgrad der Oefen

$$E = \frac{100 \;.\; 250}{20 \times 7000} = 0{,}17$$

Dieser erheblich günstigere Wirkungsgrad jener Gasöfen mit Siemens'scher oder Ponsard'scher Feuerung im Vergleiche zu dem Wirkungsgrade der Oefen mit directer Feuerung rührt aus zwei Ursachen her; erstens aus der den beiden ersteren Feuerungssystemen eigenthümlichen Ausnutzung beziehentlich Zurückführung der abziehenden Wärme, die aber erst nach längerm Betriebe zur Geltung kommt, zweitens aus dem Fortfallen derjenigen Brennstoffmenge während des ununterbrochenen Betriebes, welche bei einmaligem Schmelzen zum Anheizen des Ofens bis zur Schmelztemperatur des Metalls verbraucht wird und nach angestellten Ermittelungen 25 bis 33 Procent der für ein einmaliges Schmelzen erforderlichen totalen Brennstoffmenge zu betragen pflegt.

## Vierte Gruppe. Schachtöfen im engern Sinne oder Cupolöfen.

Wie der Name andeutet, besteht der Schmelzraum des Ofens aus einem Schachte mit senkrechter Achse. Oben ist der Schacht offen, und diese Oeffnung heisst die **Gicht**. Das zu schmelzende Metall wird in abwechselnden Schichten mit dem Brennmateriale in die Gicht eingefüllt; Verbrennung und Schmelzung finden im untern Theile des Schachtes statt, die Verbrennungsgase steigen aufwärts, um aus der Gicht zu entweichen, die Schmelz- und Brennmaterialien sinken in Folge der unten thätigen Vorgänge allmälig abwärts und werden so lange durch frisch aufgeschüttete ersetzt, als das Schmelzen dauern soll. Diese entgegengesetzte Bewegungsrichtung der Schmelzmaterialien — also der wärmeaufnehmenden Körper — und der Verbrennungsgase — also der wärmeabgebenden Körper — ist von grosser Wichtigkeit für den Wirkungsgrad des Ofens. Sie ermöglicht es, einen grossen Theil der aus dem eigentlichen Schmelzraume im untern Theile des Ofens abziehenden Wärme durch die niedersinkenden Schmelzmaterialien wieder zurückführen zu lassen, und hat also eine ganz ähnliche Wirkung wie die Siemens'schen Regeneratoren; aber erreicht dieses Ziel in viel einfacherer Weise.

Das geschmolzene Metall sammelt sich entweder in dem untern Theile des Schachtes, den man in diesem Falle den Herd nennt, und welcher natürlich unterhalb der Einströmungsöffnungen für die Verbrennungsluft liegen muss; oder in einem besondern, durch einen Canal mit dem Schachte verbundenen Sammelraume, welcher alsdann Vorherd genannt wird. Durch das am tiefsten Punkte des Herdes beziehentlich

Vorherdes angebrachte Stichloch wird schliesslich das Metall abgelassen.

Als Brennmaterialien dienen wie bei allen Schachtöfen vorwiegend verkohlte Brennstoffe: Holzkohlen oder häufiger Koks. Rohe Brennmaterialien würden die Gefahr nahelegen, durch starke Gasentwickelung eine übermässige Spannung, auch wohl Explosionen im Schachte hervorzurufen und dadurch den Betrieb zu stören, magere Steinkohlen würden leicht zerdrückt werden, fette zusammenbacken und zu Versetzungen im Schachte Veranlassung geben. Der grössere Schwefelgehalt aber der rohen Steinkohlen im Vergleiche mit dem Schwefelgehalte der aus ihnen dargestellten Koks würde leicht nachtheilig auf die Beschaffenheit des Metalls wirken. Deshalb ist die Verwendung roher Brennstoffe beim Cupolofenbetriebe äusserst selten und beschränkt sich höchstens auf einen Zusatz derselben zu den verkohlten.

Aus dem oben allgemein geschilderten Vorgange beim Schmelzen in Schachtöfen folgt, dass das Metall ununterbrochen bis nach beendigter Schmelzung in innigster Berührung mit dem Brennstoffe bleibt. Diese Berührung und deren Einfluss auf das Metall ist um so wirkungsreicher, weil das letztere gezwungen ist, bei dem Schmelzen Tropfenform anzunehmen und so, also mit ausgedehntester Oberfläche, über die weissglühenden Kohlenstücke hinabzusickern. Da ferner die Schmelzung naturgemäss in einiger Entfernung oberhalb der Lufteinströmungsöffnungen stattfindet, so bleibt das niederträufelnde Metall auch in gewissem Maasse der Einwirkung der noch unverzehrten Verbrennungsluft, in allen Fällen der Verbrennungsgase — Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoff — ausgesetzt, sofern es nicht durch den Brennstoff vor dieser Einwirkung geschützt wird. Diese Thatsachen beschränken in grossem Umfange die Zahl der im Cupolofen schmelzbaren Metalle. Alle leicht oxydirbaren und leicht flüchtigen Metalle, alle diejenigen, welche leicht Gase lösen (wozu sich bei der Vertheilung des Metalls in Tropfenform die reichlichste Gelegenheit bietet), oder solche, welche durch die Berührung mit glühendem Kohlenstoff beeinflusst werden können, dürfen nicht im Cupolofen geschmolzen werden. Demnach ist das Kupfer und dessen Legirungen, das Zink, Zinn, Blei, Nickel, Silber, der Stahl vom Schmelzen im Cupolofen ausgeschlossen; sehr werthvolle Metalle, wie z. B. Gold, schmilzt man aber schon deswegen nicht im Cupolofen, weil die Eigenthümlichkeiten dieses Schmelzapparats immer schon die Verarbeitung grösserer Mengen, als sie von jenen Metallen überhaupt verwendet werden, erfordern, und weil geringe mechanische Verluste an Metall beim Cupolofenschmelzen kaum vermieden werden können. Als einziges im Cupolofen mit gutem Erfolge schmelzbares Metall bleibt demnach das Gusseisen übrig, dessen physikalische Eigenschaften weniger durch die Berührung mit dem Brennstoffe, den Verbrennungsproducten und der atmosphärischen Luft beeinflusst werden, auch wenn geringe chemische Aenderungen nachweisbar sind, und bei dem man von vornherein durch Auswahl ge-

eigneter Sorten auf die Wirkung jener Einflüsse Rücksicht nehmen kann. Weiss man z. B. aus Erfahrung, dass ein Theil des Siliciumgehalts des Gusseisens beim Cupolofenschmelzen verschlackt wird, so ist nichts leichter, als durch Wahl eines entsprechend siliciumreicheren Roheisens zum Schmelzen das richtige Product zu erzielen.

Da aber unter den giessbaren Metallen das Gusseisen in weit grösserem Umfange benutzt und geschmolzen wird, als sämmtliche übrigen Metalle und Legirungen zusammengenommen, so bildet der Cupolofen, obschon nur für dieses einzelne Metall verwendbar, doch unter sämmtlichen Schmelzapparaten den am häufigsten benutzten.

Die Verbrennungsluft wird dem Ofen durch Gebläse zugeführt. Ein vor mehreren Jahren in England durch die Gebrüder Woodward in Manchester bei mehreren ausgeführten Anlagen angewendetes System, durch Einblasen eines Dampfstrahles in den verengten Schornstein des Ofens Luft durch den letztern hindurchzusaugen, so dass derselbe gewissermaassen ein Dampfstrahlgebläse in grossem Maassstabe darstellt, verdankte den im Anfange theilweise gefundenen Anklang wohl mehr der Originalität des Gedankens als wirklicher Zweckmässigkeit.

Als Gebläse dienen Centrifugalgebläse (Ventilatoren) oder noch besser gut construirte Kapselgebläse (Roots'sche Ventilatoren). Wenn man hier und da Cylindergebläse angewendet oder als zweckmässigste Gebläse für Cupolöfen empfohlen findet, so ist das wohl aus früher erörterten Gründen eine Verkennung der Wirkung eines solchen Gebläses bei niedrigen Windpressungen und der Ansprüche, welche ein Cupolofen an die Leistung des Gebläses stellt.

Da der einzige Zweck des Cupolofens eine Erhitzung des Metalls auf die Giesstemperatur ist, so kommt es beim Cupolofenschmelzen darauf an, das vorhandene Brennmaterial in solcher Weise zu verbrennen, dass die grösstmöglichste Wärmeentwickelung innerhalb des Schmelzraums erreicht wird; oder mit anderen Worten, dass eine völlige Verbrennung durch atmosphärischen Sauerstoff innerhalb des Ofens bewirkt wird. Hierdurch unterscheidet sich der Cupolofen zum Roheisenschmelzen wesentlich von dem Hochofen zur Roheisendarstellung; in letzterem dienen die Brennmaterialen als Reductionsmittel und eine vollständige Verbrennung derselben durch atmosphärischen Sauerstoff würde den Hochofenprocess unmöglich machen.

Da bei vollständiger Verbrennung von Kohlenstoff Kohlensäure, bei unvollständiger Kohlenoxyd gebildet wird, und beide Gase mit dem Stickstoff der Luft aus der Gicht entweichen, so giebt das Verhältniss zwischen der in den Gichtgasen vorhandenen Kohlensäure zum Kohlenoxyd einen Maassstab zur Beurtheilung der Ausnutzung des Brennstoffs. Wenn bei vollem Betriebe des Ofens (also mindestens 20 Minuten nach dem Anblasen) Kohlenoxyd in so reichlicher Menge vorhanden ist, dass das Gasgemenge lebhaft brennt, so kann man mit Sicherheit den Schluss ziehen, dass entweder eine falsche Ofenconstruction, eine unrichtige

Betriebsführung oder die Benutzung ungeeigneter Brennmaterialien vorliegt.

Aus diesem Grunde sind alle Notizen über Verwendung der Cupolofengichtgase zu Feuerungszwecken, wie man sie selbst noch in ganz modernen Lehrbüchern findet, völlig gegenstandslos. Vorschläge zur Benutzung der Brennkraft der Cupolofengichtgase sind ein eben solches Unding als es etwa ein Vorschlag sein würde, wie man den aus undichten Stellen eines Dampfcylinders entweichenden Dampf nutzbar machen könnte.

Die Erfahrung lehrt nun, dass jene Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure, welche das Hauptziel bei jedem Cupolofenbetriebe sein muss, um so vollständiger erreicht wird, je grösser das Verhältniss der Oberfläche der eingeblasenen Verbrennungsluft zu der Oberfläche des Brennstoffs ist; also

je dichter, weniger porös der letztere ist;

je weniger gepresst und je mehr vertheilt die Luft mit den Kohlen in Berührung gelangt.

Hieraus folgt zunächst, dass dichte, feste Koks das geeignetste Brennmaterial für Cupolöfen sind. Mit Holzkohlen ist es wegen ihrer porösen Beschaffenheit äusserst schwierig, wenn nicht unmöglich, eine vollständige Verbrennung zu erreichen, da die anfänglich gebildete Kohlensäure rasch wieder reducirt wird. Cupolöfen, mit Holzkohlen gespeist, geben deshalb, wie wir es auch schon bei den Tiegelschachtöfen gesehen haben, eine weit ungünstigere Leistung als mit Koksbetrieb. Die früher vielfach gehegte Ansicht, dass die Anwendung von Koks zum Schmelzen nachtheilig auf die Beschaffenheit des Eisens wirke, kann zwar insofern Begründung haben, als einestheils das kohlensäurereichere Gasgemisch der Koksschmelzöfen leichter oxydirend wirkt als die kohlenoxydreicheren Gase der Holzkohlencupolöfen; so dass also, wenn man ein reines, siliciumarmes, bei Holzkohlen erblasenes Roheisen einschmilzt, durch Oxydation des geringern Siliciumgehalts ein nachtheiliger Einfluss auf die Eigenschaften, insbesondere den Graphitgehalt und die davon abhängige Bearbeitungsfähigkeit des erfolgenden Gusseisens geübt wird; und als anderntheils eine Aufnahme von Schwefel aus dem Brennmateriale wenigstens möglich ist. Diese Uebelstände lassen sich aber ohne Schwierigkeit vermeiden, indem man bei der Wahl der einzuschmelzenden Eisensorten von vornherein auf jene stärker oxydirenden Einflüsse der Kokscupolöfen Bedacht nimmt, die Anwendung schwefelreicher Koks ausschliesst und den Uebergang von Schwefel an das Gusseisen durch geeignete Zuschläge (insbesondere Kalk) verhindert, welche eine basische Schlacke mit der Asche der Koks bilden können.

Aus diesen Gründen würde die Anwendung von Holzkohlen zum Cupolofenbetriebe nur in solchen gewiss äusserst seltenen Fällen zu rechtfertigen sein, wo ihr Preis sich im Vergleiche mit dem der Koks so viel niedriger stellt, dass die Kosten des unvermeidlichen Mehrverbrauchs dadurch gedeckt würden.

## Construction der Cupolöfen.

Da die Form der Cupolöfen eine weit einfachere als die der Herdflammöfen ist, lassen sich die Regeln für die Constructionsverhältnisse derselben auch leichter als bei jenen begründen.

Der Schacht bildet den hauptsächlichsten Theil des Ofens. Der Horizontalschnitt durch den Schacht zeigt fast immer kreisförmigen Querschnitt aus mehreren Gründen. Die Kreisform besitzt unter allen geometrischen Figuren den geringsten Umfang bei gleichen Flächeninhalten; deshalb geben Oefen mit kreisförmigen Querschnitten die geringste Veranlassung zu Wärmeverlusten durch Erhitzung der Umfassungswände und Transmission durch dieselben. Ein kreisförmiger Querschnitt gewährt aber auch den Vortheil, dass das Aufsteigen der wärmeführenden Gase, welche aus nahe liegenden Gründen stets an dem Umfange zu entweichen streben, an keiner Stelle desselben mehr als an der andern begünstigt wird. Finden sich Ecken in dem Querschnitte, so werden dieselben von den Schmelzmaterialien unvollkommen ausgefüllt, die Gase finden dort einen geringern Widerstand, entweichen demnach reichlicher an diesen Stellen und geben weniger Wärme ab.

Ein oblonger Querschnitt kann trotzdem in solchen Fällen zweckmässig sein, wenn bei sehr grossen Oefen zu befürchten ist, dass es der Verbrennungsluft bei kreisfömigem Querschnitte unmöglich sein würde, bis in den Mittelpunkt vorzudringen. Man legt dann die Windeinströmungen an die langen Seiten des Ofens und verkürzt dadurch dem Winde den Weg.

Der Verticalschnitt durch den Ofen zeigt vielfache Abweichungen in der Form des Schachtprofils. Wir werden einzelne derselben sogleich bei Besprechung der verschiedenen „Cupolofensysteme“ zu erwähnen Gelegenheit haben. Besonders hat man mehrfach durch Verengung des Schachts im Schmelzraume geglaubt, eine günstigere Wärmeausnutzung herbeizuführen. Diese Wirkung kann wohl nur insofern erzielt werden, als durch jene Verengung ein Vordringen der Verbrennungsluft bis zum Mittelpunkte des Ofens erleichtert wird. Nach den Erfahrungen des Verfassers ist auch bei den Schachtprofilen der Cupolöfen die einfachste Form die zweckmässigste; also eine cylindrische ohne jede Verengung oder eine schwach conische mit dem engsten Durchmesser an der Gicht, wodurch das Aufhängen der Schmelzmaterialien an den Seitenwänden erschwert wird.

Der Durchmesser des Ofenschachts muss in einem gewissen Verhältnisse zu der Menge des in bestimmten Zeiträumen durchzusetzenden Eisens stehen. Ist der Durchmesser zu gross, so wächst mit demselben der Umfang des Ofens und mit diesem die Wärmeverluste durch Erwärmung der Wände und Transmission; ist derselbe zu klein, so steigt die Spannung der Gase im Innern des Ofens, das Gebläse muss zur Ueber-

windung derselben übermässig in Anspruch genommen werden, die Gase verlassen den Ofen in hocherhitztem Zustande und entführen eine entsprechend grössere Menge ungenutzter Wärme.

Man kann rechnen, dass bei Koksbetrieb und richtiger Windführung für jedes Kilogramm stündlich zu schmelzenden Metalls ein Schachtquerschnitt an der engsten Stelle von 1 bis $1^1/_4$ Quadratcentimeter erforderlich ist. Poröse Koks erfordern grössere Schachtquerschnitte als dichte; überhaupt, je weniger geeignet das Brennmaterial zum Cupolofenschmelzen ist und je weniger zweckmässig die Ofenconstruction im Uebrigen, desto grösser muss der Schachtquerschnitt sein.

Kleinere Durchmesser als 0,50 m erschweren jedoch die nach jedem Schmelzen vorkommenden Reparaturen des Schachts und das Niedergehen der Schmelzsäule in solchem Maasse, dass man jenen Durchmesser als kleinstes zulässiges Maass zu betrachten pflegt.

Je höher der Schacht des Cupolofens ist, desto mehr Gelegenheit finden die aufsteigenden Gase, ihre Wärme an die ihnen entgegen kommenden Bestandtheile der Schmelzsäule abzugeben. Auch hierbei tritt jedoch eine Grenze ein, über welche hinaus eine Erhöhung des Ofenschachts nicht mehr geeignet erscheint; denn einestheils geht der Wärmeausgleich immer langsamer vor sich, je näher die Wärmegrade der wärmeabgebenden und wärmeaufnehmenden Körper bei einander liegen, je abgekühlter die Gase also bereits sind; anderntheils wächst mit der Höhe des Ofens die Gasspannung im Innern desselben und somit die erforderliche Leistung des Gebläses; und endlich steigert sich in gleichem Maasse die Schwierigkeit, den Ofen zu bedienen. Eine Höhe des Ofenschachtes von mindestens 2,5 m, höchstens 3,5 m oberhalb der Windeinströmungen dürfte als Grenze bezeichnet werden können. Bei übrigens richtigen Abmessungs- und Betriebsverhältnissen besitzen die entweichenden Gase in dieser Höhe des Ofens keine höhere Temperatur als 50 bis 60 Grad Celsius.

Unstreitig eine der wichtigsten Aufgaben bei der Construction eines Cupolofens ist die Anordnung der Windeinströmungen. Erwägt man, dass bei der Verbrennung von Kohle zu Kohlensäure 8080 Wärmeeinheiten, bei der Verbrennung zu Kohlenoxyd aber nur 2473 Wärmeeinheiten, also nicht einmal der dritte Theil jener Wärmemenge, entwickelt werden, erwägt man ferner, dass bei gleichen Brennstoffen das Ergebniss der Verbrennung fast nur von der Art der Windzuführung abhängig ist, wie oben bereits erläutert wurde, so wird ohne Weiteres die Wichtigkeit einer richtigen Construction derselben erklärlich.

Hieraus ergiebt sich auch, weshalb man im Stande war, mit der Hälfte bis einem Drittel der früher benutzten Brennstoffmenge Eisen zu schmelzen, nachdem man auf Grund des oben aufgestellten Lehrsatzes, dass eine grosse Oberfläche des eingeblasenen Windvolumens die vollständige Verbrennung befördert, angefangen hatte, den Wind in möglichster Vertheilung und mit schwacher Pressung, jedoch in ausreichen-

der Menge zur Unterhaltung einer verhältnissmässig raschen Verbrennung in den Ofen zu führen. Diese letztere Bedingung erfüllt man durch einen grossen Querschnitt der Einströmungsöffnungen. Letzterer muss so beträchtlich sein, dass die durch das Manometer erkennbare Spannung in der Windleitung nicht durch den Ausströmungsquerschnitt, sondern lediglich durch den Widerstand hervorgerufen wird, welchen die Schmelzsäule den im Ofen aufsteigenden Gasen entgegensetzt.

Man findet bei zweckmässig ausgeführten Oefen jenen totalen Querschnitt der Windeinströmungsöffnungen mindestens gleich $^1/_8$ des engsten Schachtquerschnitts, gewöhnlich noch reichlicher, nicht selten bis $^1/_2$ des Schachtquerschnitts und darüber steigend. Wird diese Bedingung eines grossen Einströmungsquerschnitts erfüllt, und trägt man Sorge, dass der Wind Gelegenheit findet, sich möglichst gleichmässig im Ofen zu vertheilen, so kommt im Grunde wenig darauf an, wie die Einströmungsöffnungen angeordnet sind. Wir werden unten Gelegenheit finden, eine Anzahl Ofenconstructionen zu beschreiben, bei denen diese Vertheilung in abweichendster Weise bewirkt ist, und welche dennoch gleich befriedigende Resultate liefern.

Unmittelbar unter den Windöffnungen beginnt der Herd des Ofens, unten durch die Herdsohle abgeschlossen. Je höher daher jene Oeffnungen über der Sohle liegen, desto mehr Metall kann im Herde gesammelt werden, desto schwieriger ist es aber auch, bei der grössern Entfernung der heissesten Ofenzone von der Sohle das angesammelte Metall in der erforderlichen höhern Temperatur zu erhalten, und desto grösser sind die Unregelmässigkeiten, welche durch die Abweichungen in dem Höhenstande des flüssigen Metalls hervorgerufen werden. Zur Vermeidung besonders des letztern Uebelstandes legt man vielfach die Sohle unmittelbar, d. h. 100 bis 150 Mm., unter die Windeinströmungen und lässt die geschmolzenen Massen sofort in den schon erwähnten Vorherd ablaufen, einen ringsum geschlossenen, tiefer liegenden Behälter, dessen übliche Construction sogleich besprochen werden wird.

Aus dem Bestreben, die günstigste Ausnutzung des Brennmaterials im Cupolofen hervorzurufen, sind nun eine Anzahl verschiedenartiger Ofenconstructionen oder „Ofensysteme" hervorgegangen, deren bessere sämmtlich in verschiedenartiger Ausführung das Ziel verfolgen, die Zuführung reichlicher Windmengen in grosser Vertheilung zu ermöglichen. Die haupsächlichsten dieser Ofensysteme sollen in Folgendem ihren Eigenthümlichkeiten entsprechend charakterisirt werden.

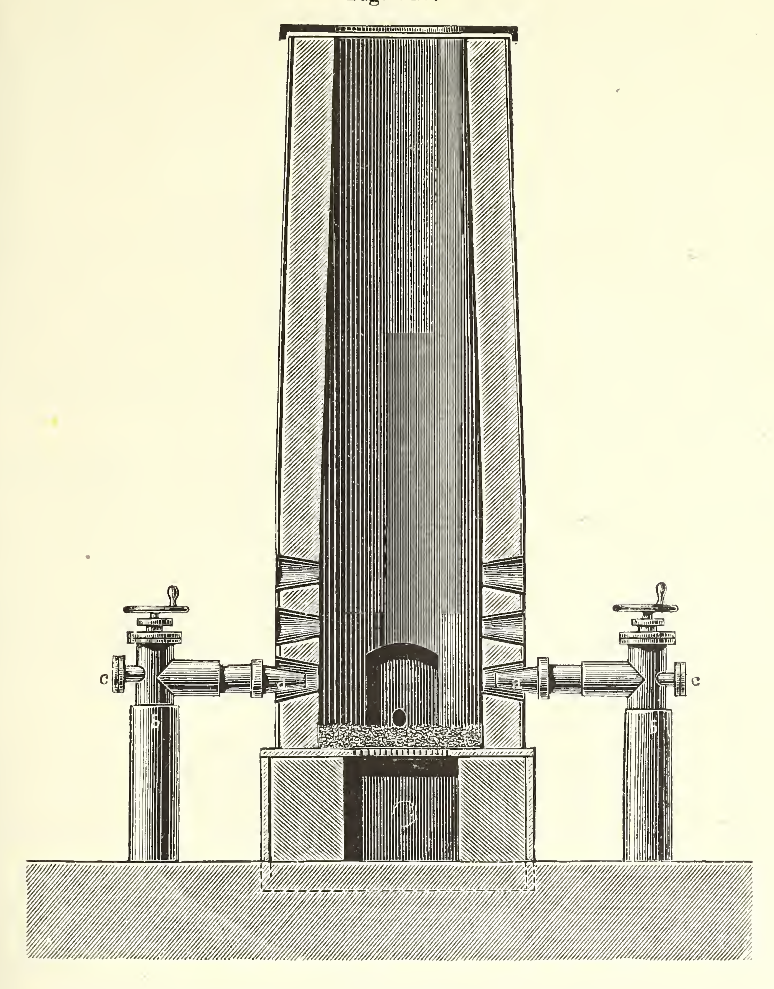
### 1. Aeltere Cupolöfen, Fig. 227[1]).

Der Schacht hat cylindrisches, conisches oder auch den Eisenhochöfen ähnliches Profil mit Rast und engem untern Theile. Der Wind wird

[1]) Unter dem Ausdruck „Aeltere Cupolöfen" sind solche Constructionen verstanden, welche, bis vor etwa 10 Jahren noch vielfach üblich, jetzt in Folge

durch eine oder häufiger zwei mehr oder minder enge Oeffnungen eingeblasen. Zu diesem Zwecke ist die Windleitung mit conischen, seltener

Fig. 227.




cylindrischen Ansatzstücken *a a* — Düsen — versehen, die sich leicht losnehmen lassen, und in die entsprechenden, mit gusseisernen, schmiedeeisernen oder kupfernen Hülsen — den Formen, Windformen — versehenen Oeffnungen in der Ofenwand hineinragen. Die Düse ist meistens an einem Düsenständer *b* befestigt, welcher ein teleskopenartiges

---

ihres höhern Brennstoffverbrauchs selten geworden sind. Von einer Beschreibung noch älterer Formen sehen wir zur Vermeidung unnöthiger Weitschweifigkeit ab, welche nur wenigen unserer Leser willkommen sein dürfte. Siehe hierüber Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, Bd. I, S. 310; auch Kerl, Grundriss der Eisenhüttenkunde S. 223.

Zurückziehen derselben gestattet, wenn Reinigungen der Form etc. vorgenommen werden sollen; ausserdem befindet sich an der Rückseite des Düsenständers in der verlängerten Achse der Düse gewöhnlich ein mit Glas- oder Glimmerplatte versehenes Visir *c c*[1]), durch welches das Schmelzen beobachtet, auch nach dem Oeffnen desselben eine Reinigung der Form vorgenommen werden kann, ohne dass man die Düse zurückzuziehen braucht. Bisweilen — und jedenfalls mit gutem Erfolge — sind die Oefen mit zwei oder drei Formen übereinander ausgerüstet (wie in der gegebenen Abbildung), um den Veränderungen beim Ansammeln grösserer Eisenmengen Rechnung zu tragen und nicht von vornherein durch zu hoch gelegene und dadurch eine ausreichende Erwärmung des Herdes unmöglich machende Formen blasen zu müssen. Für diese Fälle muss der Düsenständer auch eine Verschiebung in senkrechter Richtung ermöglichen. Man bläst zuerst durch die untersten Formen, während die oberen durch einen Thonpfropfen verschlossen gehalten werden; wenn das Eisen steigt, schliesst man die unteren Formen und legt die Düsen in die zunächst folgenden.

Diese Oefen erfordern im Allgemeinen einen um so höhern Kohlenverbrauch, je enger die Formen sind. Benutzt man, wie üblich, ein Centrifugalgebläse, so nimmt die Menge des gelieferten Windquantums auch bei gleicher Tourenzahl des Gebläses proportional der Grösse des Ausflussquerschnitts ab, das Schmelzen geht langsam von Statten und, abgesehen von der geringern Wärmeentwickelung in Folge reichlicher Kohlenoxydgasbildung sind die Wärmeverluste, durch Transmission auf die gleiche Menge durchgesetzten Eisens bezogen, grösser als bei rascherem Schmelen.

2. Sefström'scher oder Schmahel'scher Cupolofen, Fig. 228 (auf den ehemals königlich preussischen Eisengiessereien zu Berlin, Sayn, Gleiwitz zuerst in Anwendung). Der Schacht hat gewöhnlich conische Form. Statt der zwei Düsen der älteren Oefen sind 8 bis 16 Windeinströmungen von à 60 bis 80 Mm. Durchmesser vorhanden. Da die Anbringung von eigentlichen Düsen in dieser grossen Anzahl zu Unbequemlichkeiten führen würde, ist um den Ofen herum ein gusseiserner oder aus Eisenblech gefertigter, ringförmiger Canal *a* gelegt, in welchem die durch das Windrohr *b* kommende Gebläseluft circulirt, um durch die einzelnen Oeffnungen *c c* in den Ofen zu gelangen; damit nicht diese Oeffnungen zu nahe bei einander zu liegen kommen, hat man sie in zwei Reihen in einem Verticalabstande von etwa 80 Mm. vertheilt, die entweder, wie in der Abbildung, horizontale Richtung haben oder auch beide zusammen in Form einer Schraubenlinie mit zweimaligem Umgange angeordnet sind. Hinter jeder Windöffnung befindet sich in der Aussenwand des

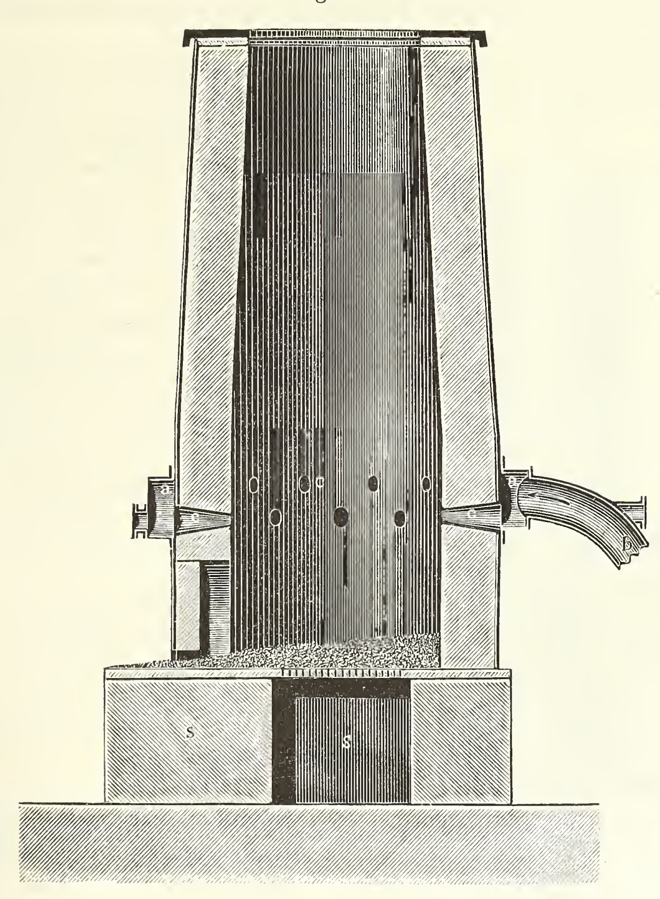
---

[1]) Glimmerplatten für solche Visire bei älteren und neueren Cupolöfen, jedenfalls ungleich geeigneter als Glasplatten, werden in jeder Grösse und zu billigen Preisen von Max Raphael in Breslau geliefert.

Windcanals ein zu öffnendes Visir zur Beobachtung und Reinigung derselben.

Man sieht, dass durch diesen schon vor mehreren Jahrzehnten angewendeten Ofen zuerst die Aufgabe gelöst wurde, welche allen modernen Constructionen zu Grunde liegt, reichliche Windmengen in grosser Vertheilung dem Ofen zuzuführen. Der Erfolg dieser Construction würde ein viel durchschlagenderer gewesen sein, wenn man die errungenen Vor-

Fig. 228.

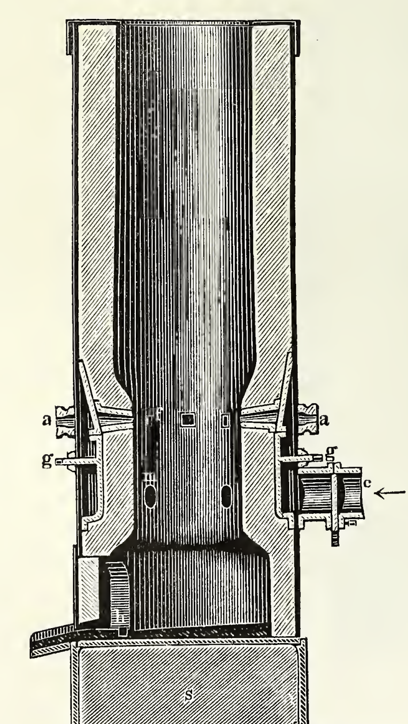


theile auszunutzen verstanden hätte. Bei gleichem Durchmesser des Schachts als bei den älteren Oefen erhielt man aber in Folge der günstigern und raschern Verbrennung die doppelte bis dreifache Menge Eisen in gleichen Zeiträumen, mit der man nichts anzufangen wusste, weil die in den meisten modernen Eisengiessereien getroffenen Einrichtungen, rasch grosse Mengen Eisen zu vergiessen, nicht vorhanden

waren [1]). Suchte man durch verringerte Tourenzahl der Gebläsemaschine oder durch Verkleinerung der Windöffnungen, deren Durchmesser bis auf 25 Mm. verringert wurde — in beiden Fällen also durch Schmälerung der Windmenge — den Schmelzgang zu verzögern, so entsprach eben die Windmenge nicht mehr dem Durchmesser des Ofens und die erlangten Vortheile gingen wieder verloren. Auf den allein richtigen Gedanken, durch Verkleinerung des Schachtdurchmessers das Schmelzquantum zu verringern, scheint man nicht gekommen zu sein. So fanden diese Oefen wenig Eingang und sind in der ursprünglichen Form erst in neuerer Zeit hier und da wieder aufgenommen.

Die Führung des Windes durch einen ringförmigen Canal um den Ofen an der heissesten Zone desselben hat bei diesen wie bei allen folgenden Ofensystemen neben der Vertheilung des Windes noch den Erfolg, dass der Ofen an dieser Stelle gekühlt, vor rascher Abnutzung durch Wegschmelzen geschützt und die durchgelassene Wärme von dem Winde aufgenommen und in den Ofen wieder zurückgeführt wird. Die Winderwärmung beträgt nach Beobachtungen des Verfassers 60 bis 80° C., nachdem der Ofen längere Zeit (1 bis 2 Stunden) im Betriebe gewesen ist. Die Wirkung ist keine bedeutende, immerhin aber erwähnenswerth.

Fig. 229.




3. Ireland-Cupolofen, Fig. 229, im Anfang der sechziger Jahre dieses Jahrhunderts dem Engländer Ireland patentirt und bis jetzt noch in zahlreichen Eisengiessereien in Anwendung.

Der Wind tritt durch zwei horizontale Reihen von Oeffnungen (Formen) in den Ofen, welche 450 bis 750 Mm. senkrechten Abstand von einander besitzen, also beträchtlich mehr als die Formenreihen des Schmahel'schen Ofens. Der totale Querschnitt der Windformen ist gleich

[1]) Zur Erläuterung hierfür möge die Notiz dienen, dass man in den meisten jetzigen Giessereien erst dann zu schmelzen und zu giessen pflegt, wenn sämmtliche an einem Tage abzugiessende Gussformen fertig hergestellt sind, es in

$^1/_4$ bis $^1/_2$ des engsten Schachtquerschnitts, der Querschnitt der sämmtlichen unteren Windformen ist annähernd doppelt so gross als der der sämmtlichen oberen; die Anzahl der unteren (3 bis 4) aber halb so gross als die der oberen (6 bis 8). Hieraus folgt, dass der Durchmesser der obern Formen beträchtlich kleiner als der der unteren ausfallen muss. Offenbar liegt dieser Anordnung der Windzulässe die Absicht zu Grunde, Kohlenoxyd, welches sich vor den unteren Formen bilden könnte, durch Zuführung einer fernern, stark vertheilten Luftmenge in der höher gelegenen Ofenzone vollständig zu Kohlensäure zu verbrennen.

Der Schacht ist zwischen den beiden Formenreihen cylindrisch, erweitert sich unterhalb derselben zu einem geräumigen Sammelherde für die flüssigen Massen, oberhalb derselben durch ein conisches Uebergangsglied (Rast) zu einem cylindrischen oder nach oben sich wieder verengenden obern Theile von grösserm Durchmesser. Andere Schriftsteller drücken sich bei der Beschreibung des Schachtsprofils umgekehrt aus, indem sie anführen, der Schacht sei zwischen den Formen zusammengeschnürt. Diese Ausdrucksweise ist kaum ganz logisch; denn die Menge des vom Ofen in bestimmten Zeiträumen geschmolzenen Eisens hängt nicht von dem obern oder untern Durchmesser, sondern von dem Durchmesser zwischen den Formen ab, so dass dieser als der normale Schachtdurchmesser bezeichnet werden muss. Man hat vielfach diese sogenannte Einschnürung des Ofenschachts als ein Mittel bezeichnet, die Temperatur zu steigern und die Leistung des Ofens zu erhöhen, und hat gerade diese Eigenthümlichkeit des Ireland-Ofens als besonders maassgebend für die unleugbar günstigen Resultate desselben bezeichnet. Diese Behauptung ist nur in sehr beschränktem Sinne richtig. Sofern der Querschnitt der Windeinströmungen und die Menge des zugeführten Windes dem normalen Durchmesser des Ofens entspricht, als welchen wir den Durchmesser innerhalb jener Verengung bezeichnet haben, entsteht eine hohe, dem Schmelzgange günstige Temperatur; dieselbe würde allerdings sinken, wenn man den Ofen erweitern wollte, ohne auch die Windmenge zu vermehren; der grössere Durchmesser des obern und untern Theils des Schachts, welcher erst jenen mittlern Theil als „Einschnürung" hervortreten lässt, hat aber begreiflicherweise keine Mitwirkung bei der Erzeugung der Temperatur innerhalb der letztern. Man würde durch einen völlig cylindrischen Schacht mit dem kleinern Durchmesser dieselben Resultate erlangen können, wenn man nur Sorge trägt, durch

---

diesem Falle also nur vortheilhaft ist, rasch das erforderliche Eisen zu beschaffen; in älteren und auch noch in einigen unter besonderen Verhältnissen arbeitenden modernen Eisengiessereien goss man dagegen jede Gussform ab, unmittelbar nachdem sie hergestellt war, konnte also nur jedesmal so viel Gusseisen verwerthen als der betreffende Guss erforderte. Man sparte dadurch an Formkasten und an Platz, schmolz aber unter entschieden ungünstigeren Verhältnissen.

entsprechend grössere Höhe einer Verringerung des Schachtvolumens vorzubeugen.

Die eigenthümliche Schachtform giebt nun Gelegenheit zur Anbringung des ringförmigen Windcanals in der aus der Abbildung ersichtlichen Art und Weise. Dadurch wird der Schacht gekühlt und der Wind vorgewärmt. Der Canal ist durch eine horizontale Scheidewand in eine obere und untere Hälfte getheilt, der Gebläsewind gelangt durch das Rohr *c* zuerst in die untere Hälfte und aus dieser durch Oeffnungen in der Scheidewand, die durch Schieber *g g* verschliessbar sind, in die obere. Man ist dadurch in Stand gesetzt, nur durch die unteren Oeffnungen allein zu blasen, was im Anfange des Betriebes zur bessern Anwärmung des Sammelherdes zweckmässig sein kann, oder durch beide Reihen zugleich. *a a* sind Visire mit Vorrichtung zum Oeffnen, wie früher beschrieben.

Der Ireland-Cupolofen liefert, wie erwähnt, in Folge der zweckmässigen Anordnung der Windzuführung recht günstige Erfolge hinsichtlich des relativen Brennstoffverbrauchs, unter allen bis zu seiner Erfindung bekannten Ofenconstructionen unleugbar die günstigsten. Die Erweiterung des Schachts unterhalb der Formen giebt die Möglichkeit, dass man grössere Mengen geschmolzenen Gusseisens ansammeln kann, die obere Erweiterung hat als einzigen Vortheil eine verringerte Gasspannung bei gleichem Ofenvolumen und gleicher Windmenge und deshalb geringere Leistung der Gebläsemaschine.

Die dadurch entstehende Schachtform erschwert aber einestheils durch Aufsetzen auf der Rast das Niedersinken der Schmelzsäule und giebt zu Stockungen Veranlassung; andterntheils sind Beschädigungen des verengten Theils durch Wegschmelzen und mechanische Einflüsse häufiger und schwerer zu repariren. Deshalb hat man mehrfach die Ireland'sche Windzuführung mit der einfachern cylindrischen oder schwach conischen Schachtform (wie bei dem oben abgebildeten Schmahel'schen Ofen) combinirt und recht gute Resultate damit erzielt.

4. Krigar-Cupolofen, Fig. 230 und 231, durch H. Krigar (Firma Krigar und Ihssen) in Hannover in den sechziger Jahren erfunden und seitdem durch unausgesetzte Verbesserungen vervollkommnet. Der Wind circulirt in dem Canale *d* rings um den Ofenschacht und gelangt durch zwei einander gegenüberliegende senkrechte Canäle *ff* in die grossen überwölbten Oeffnungen *i i* und durch diese in den Ofen. Die Breite jedes dieser beiden Gewölbe nimmt ungefähr $^1/_5$ bis $^1/_6$ des ganzen Umfanges des Ofenschachts im Lichten ein, die Höhe der Gewölbe schwankt zwischen 400 bis 700 Millimeter, je nachdem man das flüssige Eisen im Ofen selbst sammelt oder in einen Vorherd ablaufen lässt. Der Querschnitt der beiden Canäle *ff* zusammengenommen beträgt $^1/_5$ bis $^1/_8$ des horizontalen Schachtquerschnitts. Durch diese eigenthümliche Construction wird eine sofortige Vertheilung des einströmenden Windes auf eine grosse Fläche bewirkt, und es entsteht eine sehr intensive Verbrennung,

also reichliche Wärmeentwickelung. Wenn von anderer Seite die günstigen Resultate des Krigar-Ofens, insbesondere die Thatsache, dass das niederschmelzende Eisen sehr wenig durch Oxydation zu leiden hat, dem Umstande zugeschrieben wird, dass die weissglühenden Koks in die grossen Windzulässe hinein vorzurollen pflegen und dort bereits den freien Sauerstoff verbrauchen, so beruht eine solche Anschauung doch wohl auf einer Verkennung des Verbrennungs- und Schmelzprocesses.

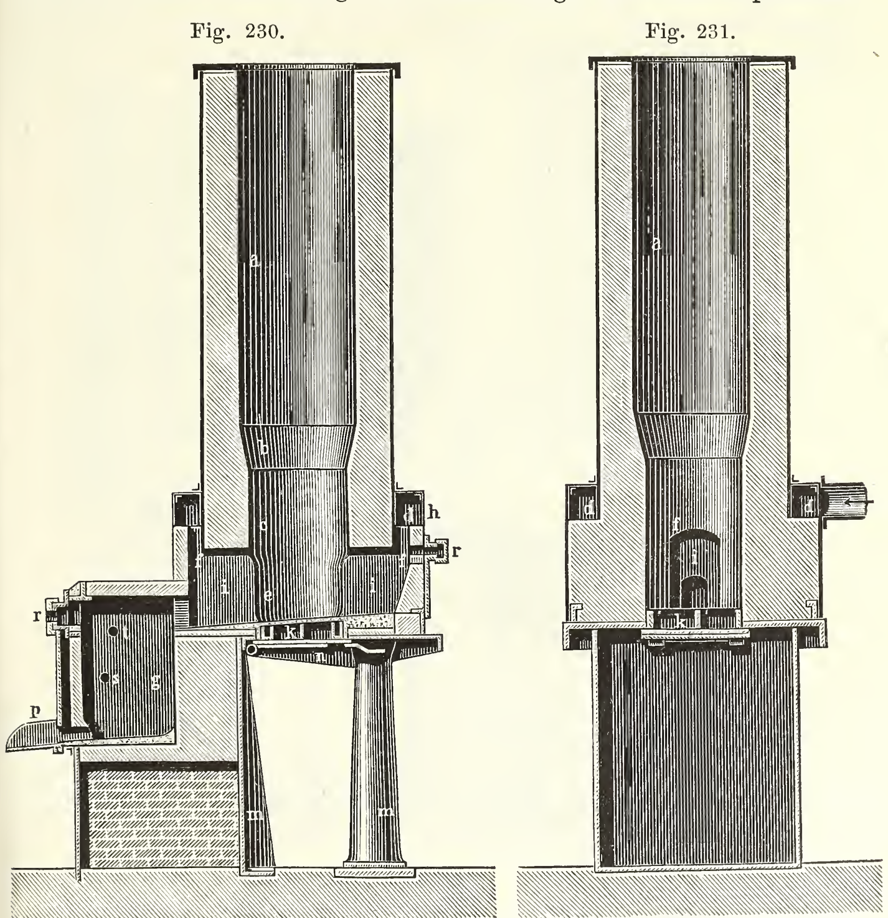


Fig. 230. Fig. 231.

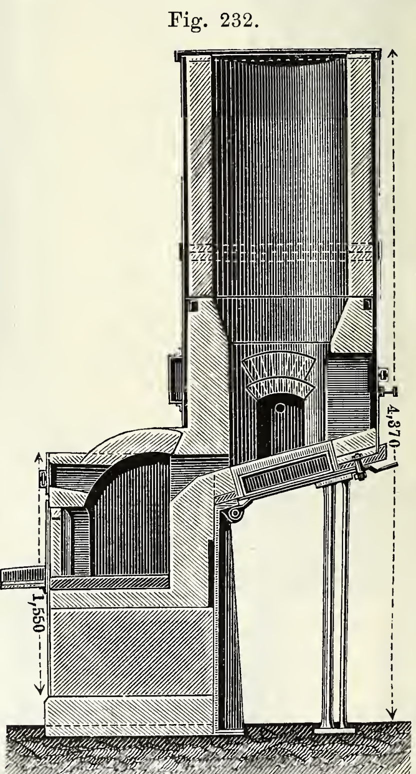
Wie sich an länger benutzten Krigar'schen Cupolöfen an den am meisten weggeschmolzenen Stellen zeigt, liegt die Zone der grössten Wärmeentwickelung — also der Verbrennung — nicht innerhalb, sondern einige Centimeter oberhalb der Gewölbe.

Der Schacht des Krigar'schen Cupolofens ist möglichst einfach profilirt. Die Verengung in dem untern Schachte des abgebildeten Ofens rührt nicht etwa aus der Absicht her, dadurch eine besondere Einwir-

kung auf den Schmelzprocess hervorzurufen, sondern hat allein den Zweck, demjenigen Theile des Ofens, welcher dem Wegschmelzen am meisten ausgesetzt ist, durch eine grössere Wandstärke längere Dauer zu geben. Man findet auch bei anderen Ofensystemen dasselbe Schachtprofil angewendet, ohne irgend einen andern Grund als den genannten.

Eine gleichfalls durch Krigar getroffene Verbesserung ist die Einrichtung des Vorherdes (*g* in Fig. 230). Eisen und Schlacke fliessen in denselben durch den in der Abbildung ersichtlichen Canal ab, und die Schmelzsäule im Ofen bleibt durch den höhern oder tiefern Stand des

Fig. 232.




Metallbades unbeeinflusst. *t* und *s* sind Ablassöffnungen für die auf dem Eisen sich sammelnde Schlacke, *p* die Ausflussrinne für das Eisen, *r r* Visir- und Reinigungsöffnungen. Krigar giebt seinen Vorherden rechteckigen Grundriss und umgiebt dieselben mit starken gusseisernen Platten als Rüstung. Zweckmässiger ist jedenfalls die Kreisform, welche einestheils die geringste Aussenfläche besitzt und deshalb die geringsten Wärmeverluste durch Transmission verursacht, andererntheils aber durch ein umgelegtes schwaches Kesselblech sich in billigerer und sicherer Weise zusammenhalten lässt als der viereckte Vorherd durch die schwe-

ren gusseisernen Platten. Einen solchen Cupolofen nach Krigar's System, aber mit rundem Vorherde, für ein stündliches Schmelzen von 3000 bis 4000 Kilogramm Gusseisen geeignet, zeigen die Figuren 232 bis 235 in $^1/_{50}$ der wirklichen Grösse [1]).

Als letzte und in vielen Fällen recht zweckmässige Eigenthümlichkeit der Krigar'schen Cupolöfen muss noch die in dem freigelegten Boden des Ofens angebrachte Klappe *k* (Fig. 230 und 232) Erwähnung finden,

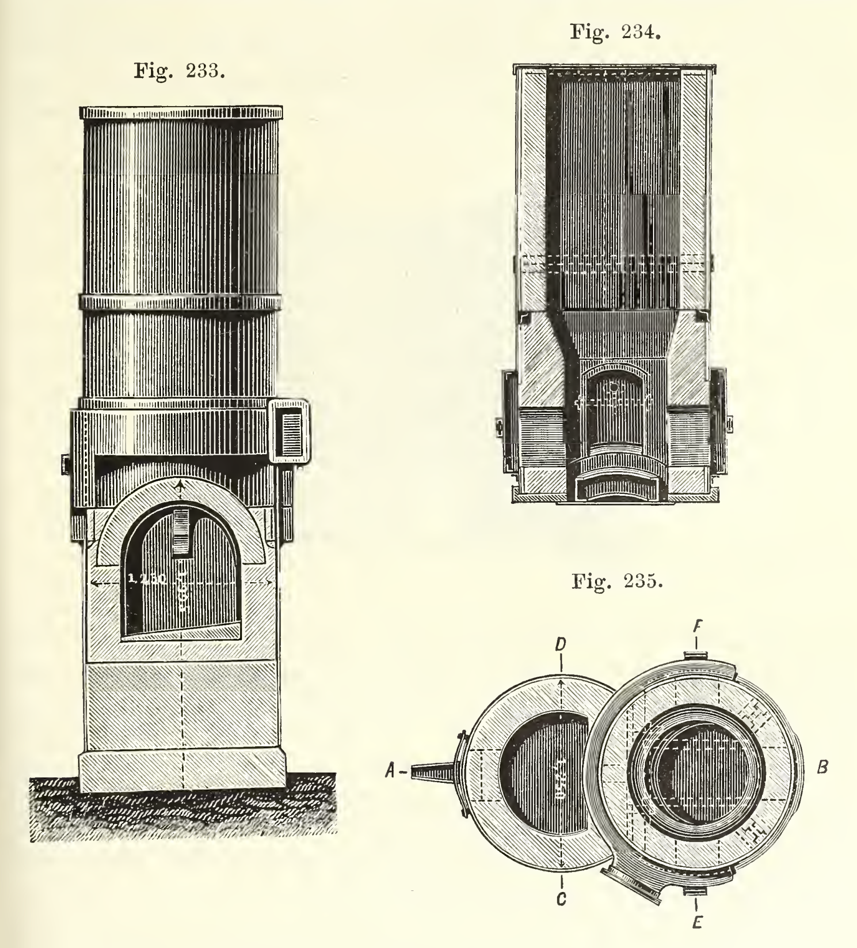


Fig. 233. Fig. 234. Fig. 235.

welche während des Betriebes durch einen Vorreiber geschlossen gehalten wird, nach beendigtem Schmelzen aber eine leichte Entleerung des Ofens von zurückgebliebenen Koks und Schlacken ermöglicht.

Der Krigar'sche Cupolofen gehört unstreitig, Dank dem unermüdlichen Bestreben seines Erfinders, neue Verbesserungen anzubringen, zu

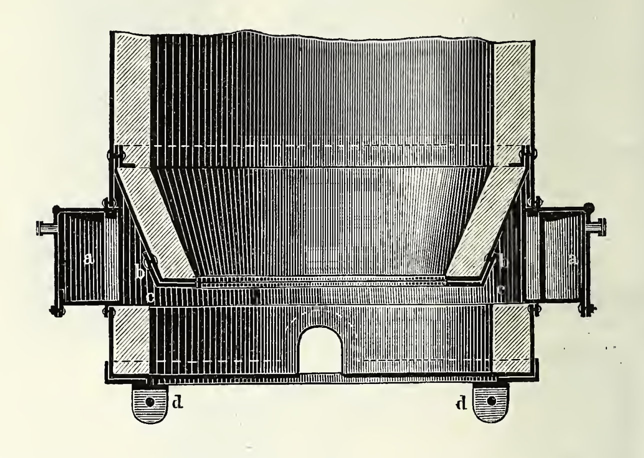
---

[1]) In Eisenwerk Groeditz im Betriebe.

den vollkommensten Schmelzapparaten der Jetztzeit. Er vereinigt mit dem Vortheile eines geringen relativen Brennstoffverbrauchs eine verhältnissmässig grosse Dauerhaftigkeit, erfordert wenig Bedienung und giebt, wie erwähnt, nur wenig Gelegenheit zu einer Oxydation des schmelzenden Gusseisens, durch welche dessen Eigenschaften geändert werden könnten.

5. Mac-Kensie-Ofen, durch die Skizze in Fig. 236 erläutert. Der ganze untere Theil des Schachts schwebt, von einem ringförmigen Winkeleisen *b* getragen, frei über dem Herde und giebt dadurch Raum für den ringsherumlaufenden Windeinströmungscanal *b*. Der Boden liegt, wie bei dem Krigar-Ofen, frei und ist durch eine Klappe geschlossen,

Fig. 236.




deren Scharniere in *d d* angedeutet sind. Dem der Krigar'schen Construction zu Grunde liegenden Bestreben, dem Windstrome eine möglichste Vertheilung zu geben, wird bei diesem Ofen, wie man sieht, in noch ausgiebigerer Weise genügt. Ein Uebelstand ist die jedenfalls geringe Dauerhaftigkeit des schwebenden Theils des Schachts als Folge der auf den untern Eisenring wirkenden Einflüsse. Abgeschwächt werden diese Einflüsse, wenn der untere Theil des Ofenschachts nicht als Sammelraum für das geschmolzene Metall benutzt wird, sondern mit einem Krigar'schen Vorherde verbunden ist.

Der Mac-Kensie-Ofen ist besonders auf Eisenwerken der Vereinigten Staaten Nordamerikas (in dem Vaterlande des Erfinders) vielfach in Anwendung, in Deutschland scheint er bislang keine Verbreitung gefunden zu haben [1]).

Ausser diesen genannten Cupolofensystemen giebt es eine Anzahl Constructionen, die sich nur in unwesentlichen Dingen von diesem oder

---

[1]) Den neuesten Mittheilungen zufolge ist der Mac-Kensie-Ofen in jener ursprünglichen Form auch in Nordamerika nicht mehr üblich, was die oben

jenem der beschriebenen Oefen unterscheiden, gleichwohl aber unter besonderen Benennungen in die Oeffentlichkeit eingeführt worden sind, sei es aus Unkenntniss der früheren Constructionen, oder um Capital daraus zu schlagen. Hierher gehört z. B. der vor einiger Zeit in mehreren Zeitschriften besprochene Voisin'sche Cupolofen [1]), welcher nichts Anderes ist als die schon erwähnte Combination der Ireland'schen Windzuführung mit einem einfacher profilirten Schachte, also eine Construction, welche in Deutschland schon seit langer Zeit ohne besonderes Aufhebens in Gebrauch gewesen ist, und verschiedene andere.

In mannigfaltiger Weise aber lassen sich bei neuen Constructionen die Vorzüge des einen Ofensystems mit denen eines andern vereinigen, wie es soeben bereits angedeutet wurde. So z. B. kann man selbstverständlich den Krigar'schen Vorherd nebst Bodenklappe auch bei jedem andern Ofensysteme anwenden, und fälschlicherweise nennt man auch wohl solche andere Oefen mit Krigar'schem Vorherde Krigar-Oefen.

So zeigen uns die Abbildungen Fig. 237, 238 und 239 (a. f. S.) in $^1/_{50}$ der wirklichen Grösse einen in Eisenwerk Groeditz erbauten, zum stündlichen Schmelzen von ca. 4000 Kilogramm Gusseisen geeigneten Cupolofen. Die Windzuführung entspricht dem Ireland-Ofen mit der Abänderung, dass der Windcanal wie beim Schmahel'schen Ofen ausserhalb befindlich ist, einfach profilirter Schacht und Krigar'scher Vorherd nebst Bodenklappe. Das in Fig. 238 und 239 sichtbare, an dem Windcanale angebrachte Rohrstück mit Drosselklappe dient zur Verbindung des untern Canals mit dem obern statt der in der frühern Abbildung eines Ireland-Ofens (Fig. 230 und 231) angegebenen Schieber, welche schwer dicht zu erhalten sind.

## Einbau der Cupolöfen.

Bei den folgenden Erörterungen mögen die bereits gegebenen Abbildungen von Cupolöfen als Anhalt dienen.

Das Fundament der Cupolöfen wird ohne besondere Abweichungen von den allgemein gültigen Regeln für die Fundamentirung von Bauwerken — gewöhnlich ca. 1 M. tief — in den Erdboden eingebaut. Bei

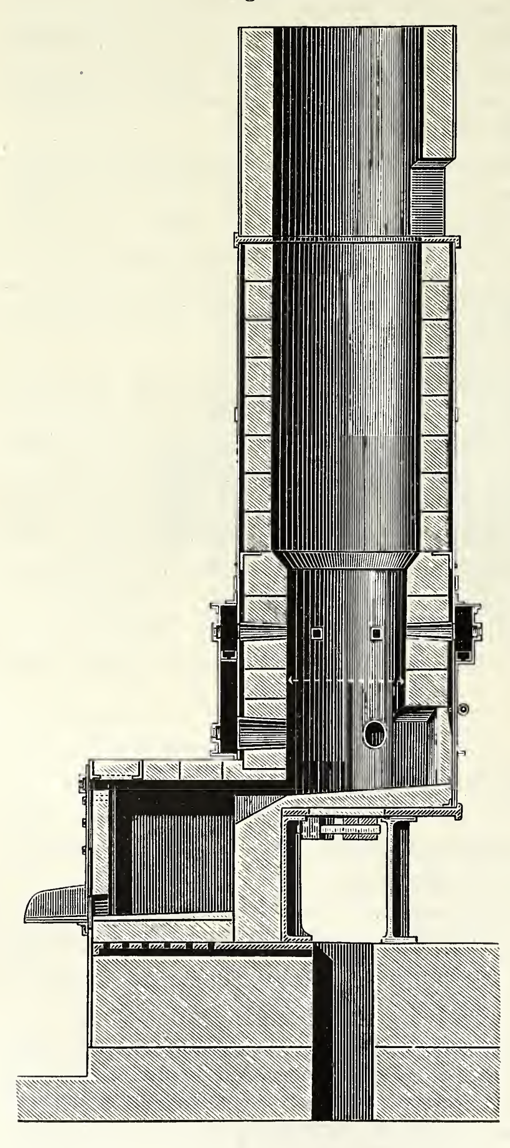
---

ausgesprochene Ansicht des Verfassers über die geringe Dauerhaftigkeit desselben zu bestätigen scheint. Man hat den ringförmigen Schlitz durch sechs elliptische Einströmungsöffnungen ersetzt, wodurch der Ofen aber sein Hauptmerkmal verliert und sich längst benutzten Constructionen nähert. Vergleiche Wedding, Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten von Nordamerika, Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preussischen Staate Bd. 24 (Jahrgang 1877), S. 58 (nebst Abbildung des neuern Ofens).

[1]) Armengaud, Publication industrielle, Vol. 22, pag. 185; daraus in verschiedenen deutschen Zeitschriften.

Cupolöfen ohne Vorherd wird auf diesem Fundamente der Sockel *s* (Fig. 227, 228 und 229) in einer Höhe von 750 bis 900 Mm. von der Oberkante des Erdbodens an gerechnet aus guten dauerhaften Bruchsteinen aufgeführt. Im Grundrisse hat der Sockel quadratische, sechs- oder achteckige, seltener kreisrunde Form. Zweckmässig ist es, denselben nicht als massiven Mauerkörper, sondern ringförmig aufzuführen, wie in Fig. 227 und 228 angedeutet ist, und den im Innern bleibenden hohlen Raum mit Sand oder Kohlenlösche auszufüllen. Man vermeidet dadurch weit leichter die Entstehung von Rissen. Zum Schutze gegen äussere Beschädigungen umgiebt man den Sockel gewöhnlich mit gusseisernen Platten, die am geeignetsten ohne sonstige Verbindung unter einander nur durch zwei umgelegte schmiedeeiserne Bänder zusammen gehalten werden, damit sie bei der Erwärmung sich frei ausdehnen können und bei Beschädigungen leicht auswechseln lassen.

Fig. 237.



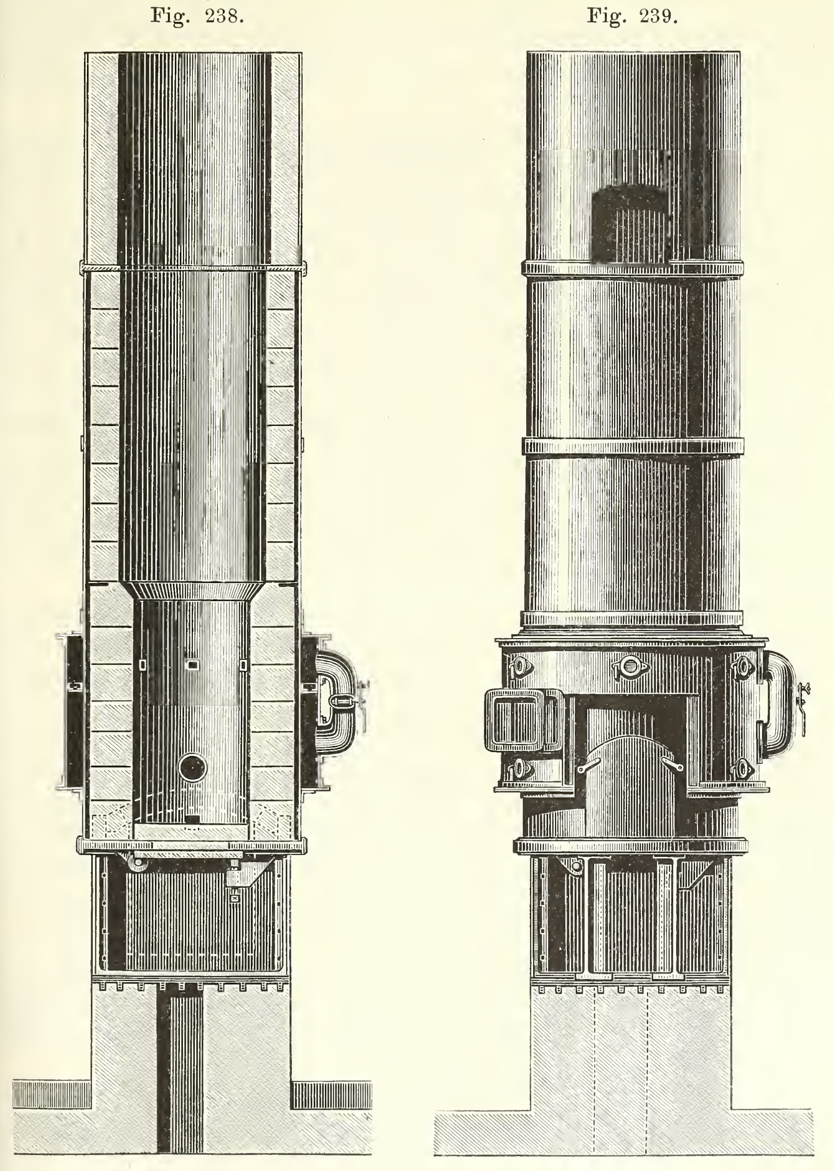
Auf den Sockel legt man gewöhnlich eine starke gusseiserne Platte als Unterlage für den Schacht.

Giebt man den Oefen einen Vorherd, so baut man zunächst diesen auf einem Sockel auf, wie aus den Abbildungen ersichtlich ist, umgiebt ihn mit einer Umhüllung aus gusseisernen Platten oder bei runder Grundform aus zusammengenietetem Kesselblech und legt die erwähnte gusseiserne Platte zum Tragen des

Ofenschachts mit der einen Seite auf die Rückenwand des Vorherds, mit der andern auf ein Paar gusseiserne Säulen *m*, Fig. 230 etc.

Der Schacht wird durch die aus feuerfestem Materiale — meistens

Fig. 238. Fig. 239.



Chamottesteinen, seltener natürlich vorkommenden feuerfesten Steinen — hergestellte Schachtmauerung gebildet, welche in fast allen Fällen durch einen Mantel aus Eisenblech von cylindrischer Form, weniger häufig und

weniger zweckmässig aus gusseisernen Platten in prismatischer Form eingeschlossen ist. Zur bessern Befestigung des Mantels pflegt man die gusseiserne Bodenplatte mit einem angegossenen aufwärts gerichteten Borde zu versehen, an welchem der Mantel durch ein paar Schrauben befestigt wird. Bei Eisenblechmänteln genügt eine Blechstärke von 8 bis 10 Mm., nicht selten benutzt man alte Dampfkessel, um aus ihnen einen Cupolofenmantel herzustellen.

Die Wandstärke der Schachtmauerung beträgt nicht unter 150 Mm. und nicht über 300 Mm., wenigstens würde ein Ueberschreiten dieser Grenzen nicht empfehlenswerth sein. Eine zu geringe Wandstärke macht ein öfteres mit Kosten verknüpftes Auswechseln erforderlich, eine zu beträchtliche Wandstärke gestattet aus dem Grunde keine volle Ausnutzung, weil mit dem fortschreitenden Wegschmelzen der Steine der Durchmesser und somit auch die Betriebsverhältnisse des Ofens mehr und mehr sich von den normalen, beabsichtigten Beziehungen entfernen. Nicht ungeeignet ist dagegen die bei den in Fig. 230, 232 und 238 abgebildeten Oefen getroffene und bereits erwähnte Einrichtung, die Abmessungen der Steine in dem untern Theile des Ofens, wo sie dem Wegschmelzen am meisten ausgesetzt sind, etwas reichlicher, in dem obern kältern Theile des Ofens schwächer zu nehmen. Dadurch entsteht das im untern Theile verengte Schachtprofil jener Oefen, welches aber bei längerem Betriebe mehr und mehr in die cylindrische Form übergeht.

Die in früherer Zeit vielfach gehegte, auf theoretischen Erwägungen fussende Annahme, dass dicke Schachtwände durch verhinderte Wärmetransmission im Stande seien, erheblich brennstoffersparend zu wirken, ist nicht im Stande gewesen, vor den Erfahrungen der Praxis Stand zu halten. Man ist thatsächlich nicht im Stande, hinsichtlich des Brennstoffverbrauchs irgend einen zu Gunsten dickerer Schachtwände sprechenden Unterschied zu bemerken. Deshalb ist es auch überflüssig, wie es ab und an wohl noch geschieht, mehrere concentrische Schächte zur bessern Zusammenhaltung der Wärme anzuwenden, eine Einrichtung, welche, ursprünglich der Construction der Eisenhochöfen entnommen, auch bei diesen mehr und mehr ausser Gebrauch kommt.

Zwischen Mantel und Schachtgemäuer muss ein Zwischenraum von einigen Millimetern Stärke bleiben, damit letzteres sich frei innerhalb des erstern in der Höhenrichtung ausdehnen kann. Dieser Zwischenraum kann mit Sand ausgefüllt werden.

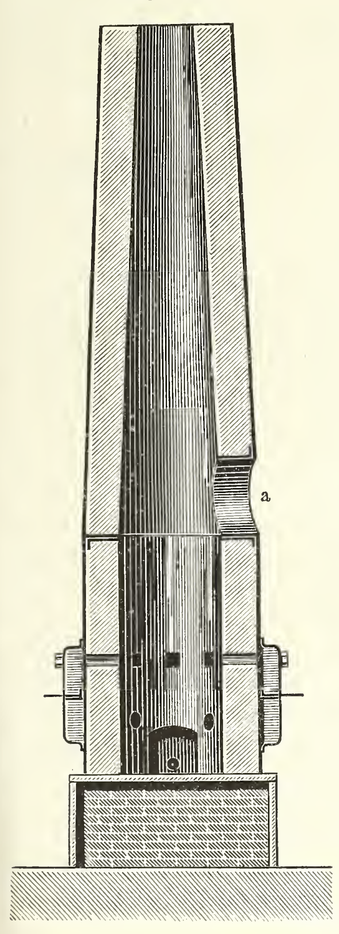
Da der obere Theil des Schachts auch bei geringerer Wandstärke der Steine einer seltenern Auswechselung bedarf als der untere, so ist die bei den Oefen Fig. 232 und 238 getroffene Einrichtung recht zweckmässig, welche eine Auswechselung des untern Theils gestattet, ohne dass der obere mit herausgeschlagen zu werden braucht. Letzterer wird hier von einem aus Winkeleisen gefertigten Ringe getragen, welcher am besten nur lose in den Mantel eingelegt und beim Herausnehmen des untern

Schachts durch untergestellte Streben gestützt wird, bis der neue Schacht eingesetzt ist.

Bei Aufmauerung des Schachts sind dieselben Vorsichtsmaassregeln zu beachten, welche bei dem Einbau des feuerfesten Futters für Flammöfen Erwähnung fanden.

Um den Schacht gegen Beschädigungen durch das Einwerfen der Schmelzmaterialien zu schützen, deckt man denselben schliesslich oben durch eine starke ringförmige Platte ab, welche mit einem Borde über den Mantel übergreift.

Fig. 240.

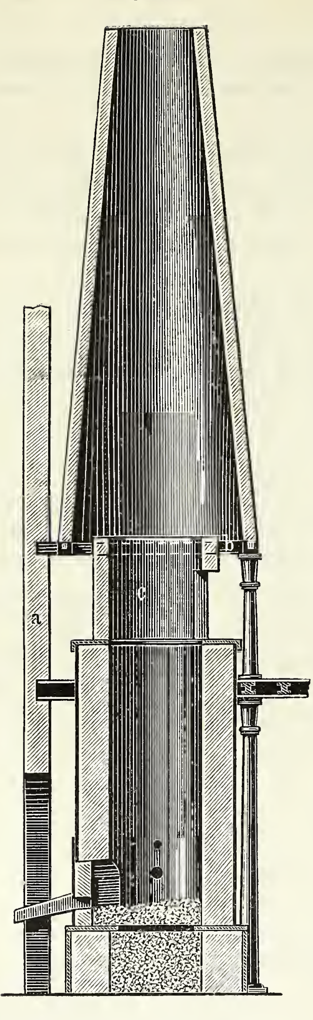


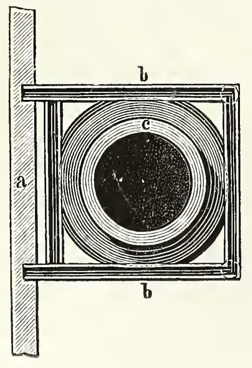

Um in den Ofen zur Ausführnng von Reparaturen gelangen zu können, und zur Entleerung desselben von zurückbleibenden Koks und sonstigen erstarrten Massen muss der Schacht wie auch der Vorherd, falls ein solcher vorhanden ist, mit einer Thüröffnung versehen sein, welche während des Schmelzens durch eingesetzte Chamottesteine und eine davor befestigte Thür aus Eisenblech verschlossen gehalten wird. Die Befestigung der Thür kann in einfacher Weise durch Riegel, Vorreiber oder dergleichen wie in den Figuren 235 und 239 bewirkt werden. Damit ein erwachsener Mann im Stande ist, durch die Thüröffnung einzusteigen, muss dieselbe mindestens 360 Mm. breit, 500 bis 600 Mm. hoch sein.

In der Thür pflegt sich das 60 bis 80 Mm. weite Stichloch und vor demselben die gewöhnlich aus Blech gefertigte und mit feuerfester Masse ausgekleidete Gussrinne zu befinden, in welcher das flüssige Eisen beziehentlich die Schlacke abfliesst. Meistens nietet oder schraubt man die Rinne an der eisernen Thür fest, so dass sie mit dieser vom Ofen entfernt wird.

Bevor der Ofen in Betrieb kommen kann, muss noch die aus feuerfestem Materiale bestehende Sohle desselben, der Herd, hergestellt werden. Gewöhnlich besteht derselbe aus einer festgestampften, mindestens 70 Mm. starken Lage aus feuerfester Masse oder Sand mit thonigem Bindemittel, auch wohl aus Chamottesteinen, mit einer Neigung gegen das Stichloch zu, um das Ausfliessen der flüssigen Schlacke zu erleichtern.

Fig. 241.




Bei Oefen mit Vorherd erhält dieser wie jener eine in solcher Weise hergestellte Herdsohle, welche nach jedem Schmelzen reparirt oder erneuert werden muss.

Zu jedem Cupolofen gehört schliesslich noch ein Schornstein, nicht sowohl zur Erzeugung von Luftzug, sondern allein zur Abführung der Verbrennungsgase aus dem Gebäude. Deshalb ist die Höhe desselben ganz allein von der Höhe des letztern und etwaigen polizeilichen Vorschriften abhängig.

Die Construction des Schornsteins lässt sich in zweierlei Weise ausführen. Man kann ihn erstens wie in der Skizze Fig. 240 (a. v. S.) unmittelbar auf den Ofen stellen, ihn von diesem tragen lassen, so dass das ganze Gewicht des Schornsteins auf dem Ofen ruht. Ist der Ofen mit Blechmantel versehen, so hüllt man am besten auch den Schornstein in einen Blechmantel, welcher eine unmittelbare Fortsetzung des Ofenmantels bildet, und giebt ihm eine kegelförmige Gestalt. In dem Fusse des Schornsteins befindet sich oberhalb des Ofenschachts eine Oeffnung *a* zum Einfüllen der Schmelzmaterialien. Diese Construction, so einfach sie an und für sich ist, hat den Nachtheil, dass der Schornstein jede Bewegung des Ofens bei der Ausdehnung und Zusammziehung mitmacht, dass ferner die bei Beendigung des Schmelzens sich stets entwickelnde starke und heisse Flamme, indem sie in dem engen Schornsteine emporbläst, diesen stark erhitzt und die Anwendung feuerfester Steine für denselben erforderlich macht.

Bei der zweiten Construction, durch die Skizze Fig. 241 veranschaulicht, stellt man den Schornstein völlig unabhängig vom Cupolofen auf einen geeigneten Unterbau. Meistens lässt sich die Einrichtung recht bequem in der Art und

Weise bewerkstelligen, wie sie die Abbildung darstellt. Es ist hier *a* eine Gebäudewand, hinter welcher die Cupolöfen aufgestellt sind. *b* ist ein gusseiserner Rahmen, mit zwei Enden in der Wand *a* ruhend, während die beiden entgegengesetzten Enden durch Säulen getragen werden, an deren Stelle in manchen Fällen eine zweite Gebäudewand dienen kann. Auf dem Rahmen ist der Schornstein aufgeführt. Da zwischen Ofen und Schornstein die frische Luft stets Zutritt hat und sogar angesaugt wird, bleibt der Schornstein kalt und kann ganz leicht aus dünnem Ziegelmauerwerk (ca. 120 Mm. stark) aufgeführt und durch einige umgelegte schmiedeeiserne Anker gesichert werden. Die Säulen, welche den Schornstein tragen, können, wie in der Abbildung, gleichzeitig zur Unterstützung der Gichtbühnen benutzt werden. Die Unterkante des Schornsteins legt man so hoch über die Oberkante des Ofens, dass das Aufschütten der Schmelzmaterialien bequem von Statten geht, also etwa 1 bis $1^1/_2$ Meter.

Um die umliegenden Theile des Gebäudes vor der strahlenden Hitze zu schützen, welche von der beim Niedergehen der letzten Gichten wachsenden Flamme ausgeht, versieht man den Ofen wohl mit einem Aufsatze *c* aus dünnem Bleche mit Futter aus feuerfesten Steinen bis in den Schornstein hineinragend und mit einer Thüröffnung zur Bedienung des Ofens.

Es sei schliesslich an dieser Stelle noch eine Bemerkung über die Anwendung erhitzter Gebläseluft für die Cupolöfen gestattet. Als man bei Eisenhochöfen durch Erhitzung des Windes überraschend günstige Resultate hinsichtlich des Brennstoffverbrauchs erhalten hatte, lag der Gedanke nahe, dieses wirksame Mittel auch für Cupolöfen in Anwendung zu bringen. Da man in damaliger Zeit — gegen die Mitte dieses Jahrhunderts — nur einen solchen Cupolofenbetrieb zu führen verstand, bei welchem eine Menge brennbaren Kohlenoxyds der Gicht entströmte, so war nichts einfacher, als einen eisernen Röhrenapparat für den Wind über die Gicht zu legen und durch die Gichtflamme erwärmen zu lassen. Es ist nicht zweifelhaft, dass sich gewisse Mengen von Brennstoff dadurch sparen liessen, wenn auch nicht in dem Maasse wie beim Hochofenbetriebe, wo der erhitzte Wind in ganz anderer Weise wirksam ist. Es stellte sich aber der Uebelstand heraus, dass die Apparate in Folge des häufigen Temperaturwechsels sehr bald undicht wurden, und ausserdem will man eine Verschlechterung der Gusseisenqualität durch Anwendung erhitzten Windes constatirt haben. Verfasser ist nun zwar der Ueberzeugung, dass letzter Umstand, falls er nicht etwa auf Vorurtheilen beruhte, sich durch einfache Mittel hätte beseitigen lassen; da jedoch richtig gebaute und geführte Cupolöfen überhaupt keine brennbaren Gase mehr entlassen, und da man mit Sicherheit berechnen kann, dass die Heizung eines Winderhitzungsapparats mit fremdem Brennmateriale beim Cupolofen nicht lohnend sein würde, so sieht man bei jetzigen Anlagen mit Recht von jeder andern Wind-

erwärmung ab, als sie in bereits erwähnter Weise durch einzelne Oefen selbst bewirkt wird (Schmahel-Ofen, Ireland-Ofen, Krigar-Ofen).

## Die Werkzeuge

beim Cupolofenschmelzen sind fast die nämlichen als beim Flammofenbetriebe. Spiesse mit verstahlten Spitzen, Brechstangen, eiserne Krücken mit langem Stiele zum Entleeren des geblasenen Ofens; auf der Gicht darf eine Wage — am besten Decimalwage — nicht fehlen, um die Eisengichten abzuwägen, während die Brennmaterialgichten meistens gemessen werden.

## Das Arbeitsverfahren.

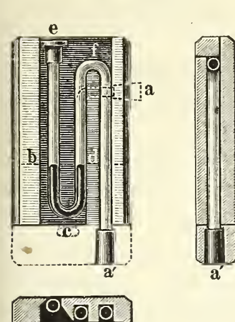
Wenn der Cupolofen in Betrieb gesetzt werden soll, beginnt man einige Stunden bevor das eigentliche Schmelzen seinen Anfang nehmen soll, mit dem Anwärmen, indem man auf dem Herde ein Feuer aus Holz, Torf oder dergleichen entzündet. Die Thüren sind währenddem geöffnet oder nur durch eingesetzte grössere Koksstücke verschlossen, welche der Luft Durchzug gestatten. Nach und nach schüttet man Koks nach und füllt damit den Ofen bis zu etwa einem Drittel, bei niedrigen Oefen bis zur Hälfte seiner Höhe. Vorher schliesst man die Thüren und lässt nur noch durch das Stichloch Luft zutreten. Wenn die Gluth soweit durchgedrungen ist, dass vor den Windeinströmungsöffnungen glühende Koks sichtbar sind, und das Schmelzen beginnen soll, schüttet man nunmehr abwechselnd Koks und Eisengichten nach, bis der Ofen bis zum Rande gefüllt ist, und kann nun das Gebläse anlassen. Das Stichloch bleibt geöffnet, bis das erste Eisen im Herde erscheint. Man veranlasst dadurch einen Theil der Verbrennungsgase, durch das Stichloch zu entweichen, wodurch der Herd beträchtlich vorgewärmt und eine schädliche Abkühlung des geschmolzenen Eisens verhütet wird.

Man pflegt mit einer Windpressung von 200 bis 350 Mm. Wassersäule zu blasen, je nachdem die Leistung des Gebläses eine höhere Pressung gestattet und der Schmelzgang mehr oder weniger beschleunigt werden soll. Im Allgemeinen ist aus naheliegenden Gründen der Ofengang um so heisser, also die Brennstoffausnutzung um so günstiger, je rascher die Verbrennung vor sich geht, je mehr Wind der Ofen also erhält. Zur Ueberwachung der Windzuführung dient das Manometer Fig. 242, welches bei keinem Cupolofen fehlen sollte und welches man auf der Windleitung unmittelbar vor dem Ofen anbringt. Auch die Aufstellung eines zweiten Manometers in der Gebläsestube ist recht zweckmässig.

Während des Schmelzens schüttet man nun stets frische Mengen von Koks und Eisen nach, sobald die Oberfläche der Schmelzsäule entsprechend gesunken ist, zu unterst die Koks, zu oberst das Eisen. Die Grösse dieser jedesmaligen „Gichten“ ist nicht ohne Wichtigkeit. Je grösser dieselben bemessen werden, desto tiefer muss die Schmelzsäule

sinken, bevor frisch aufgegeben werden kann, desto grösser ist auch die Abkühlung beim Aufgeben und desto weniger vorgewärmt gelangen die Materialien in den untern Raum. Man erhält ein zweckmässiges Verhältniss, wenn man pro 1 Quadratmeter Fläche der Gichtöffnung circa 80 Kilogramm Koks auf eine Gicht rechnet und die Eisenmenge der Leistung des Ofens und der Koks entsprechend bemisst. Bei gut construirten Oefen und dichten Koks mit höchstens 12 Proc. Asche kann man durchschnittlich auf 1 Gewichtstheil Koks 15 bis 16 Gewichtstheile Roheisen setzen.

Fig. 242.




Beispiel. Für einen Ofen mit einer Gichtöffnung von 600 Mm. Durchmesser, also 0,28 Quadratmeter Gichtfläche, würde man die Grösse der Gichten bemessen können:

Koksgichten 0,28 × 80 = 22,4, abgerundet 25 Kilogramm,
Eisengichten 16 × 25 . . . . . . 400 „ [1]).

Jeder Gicht setzt man eine gewisse Menge Kalkstein zu — ungefähr 15 bis 20 Proc. vom Gewichte der Koks —, um mit der Asche derselben und dem den Roheisenstücken anhaftenden Sande eine leichtflüssige Schlacke zu bilden.

Soll das Schmelzen beendet werden, so hört man mit Aufgeben auf, stellt das Gebläse ab, sobald sich kein Eisen mehr vor den Windformen zeigt, sticht das letzte geschmolzene Eisen ab, öffnet die Thür des Ofens oder Vorherds und entleert denselben von den zurückgebliebenen Koks und Schlacken. Dann wird der Ofen bei geöffneten Thüren der Abkühlung überlassen.

Wie nun das Schmelzen der Metalle in den früher beschriebenen Apparaten Gelegenheit giebt, durch Legirung verschiedener Metalle die Eigenschaften derselben zu verändern, so ist auch das Schmelzen im Cupolofen ein bequemes Mittel, durch Vermischung verschiedener Roheisensorten eine neue Eisensorte darzustellen, deren Eigenschaften den jedesmaligen Erfordernissen entspricht, wie sie aus den Eigenthümlichkeiten jedes Gussstücks entspringen.

Die in der Eisengiesserei zum Schmelzen vorzugsweise benutzten Eisensorten haben folgende allgemeine Benennungen:

---

[1]) Es würde vollständig falsch und einer nutzlosen Brennstoffvergeudung gleichbedeutend sein, wenn man, wie es in älterer Zeit geschah, mit einem kleinen Roheisensatze auf die gleiche Menge Brennstoff beginnen und denselben erst nach und nach steigern wollte. Gerade im Anfange des Schmelzens verträgt der Cupolofen den höchsten Eisensatz.

Koksroheisen Nr. I. Grobkörnig mit reicher Graphitausscheidung.

Koksroheisen Nr. III [1]). Feinkörniger, graphitärmer. Umgeschmolzen und in dünnere Stücke ausgegossen wird dasselbe hart, in grösseren Stücken bei sehr allmäliger Abkühlung behält es seine graue Bruchfläche und bleibt bearbeitbar.

Koksroheisen Nr. IV (selten verwendet). Dasselbe zeigt auf dem Bruche eine weisse Grundfläche mit dünneren Graphitausscheidungen. Ist für sich verarbeitet hart, spröde.

Vorstehend genannte Roheisensorten werden zum grossen Theile von englischen und schottischen Eisenwerken auch nach dem Continente geliefert und nach dem betreffenden Eisenwerke benannt; z. B. schottisches: Coltness, Langloane; englisches: Newport, Claylane, Clarence und andere. Die besseren schottischen Roheisensorten („Marken") zeichnen sich durch grössere Festigkeit, aber auch höhern Preis vor den genannten englischen Sorten aus.

Holzkohlenroheisen, feinkörnig grau. Besitzt, sofern es nicht aus phosphorreichen Erzen dargestellt war, bedeutende Festigkeit, aber auch grössere Härte als das weniger reine Koksroheisen (steyrisches, schwedisches, Harzer Holzkohlenroheisen).

Brucheisen. Man begreift unter dieser Benennung Gusseisenstücke, welche bereits einmal umgeschmolzen worden waren; also zerbrochene Maschinentheile und Geräthe aller Art, Ausschussstücke, Eingüsse etc. Da das Brucheisen meistens in kleinen Stücken vorkommt, so schmilzt es leicht ein, nimmt reichlich Wärme auf und erhöht dadurch die Temperatur des Eisengemisches; auch schreibt man ihm vielfach die Eigenschaft zu, in Folge des schon durchlaufenen einmaligen Schmelzprocesses blasenfreiern, dichtern Guss zu liefern. Beim Ankaufe solchen Brucheisens muss man sich hüten, sogenanntes Brandeisen mit in den Kauf zu bekommen, Gussstücke, welche längere Zeit der Einwirkung der Luft in Glühhitze ausgesetzt worden waren und dadurch chemisch verändert sind: Roststäbe, Glühcylinder u. v. a. Durch ihre rothe Farbe und ihre eigenthümliche Bruchfläche zeichnen sich derartige Theile sofort von dem normalen Brucheisen aus. Solches Brandeisen kann einen förmlichen Entkohlungsprocess des übrigen Eisens bewirken und darf deshalb, wo sein Zusatz unvermeidlich ist, nur in den kleinsten Mengen zugesetzt werden.

Aus vorstehend charakterisirten Roheisensorten lassen sich für die meisten Fälle geeignete Eisengemische zusammenstellen. Die gewöhnlichste Aufgabe ist die, ein leicht bearbeitbares, dichtes Gusseisen darzustellen. Es genügt dazu eine Mischung von Koksroheisen Nr. I mit Nr. III oder Brucheisen, in welchem die eine oder andere Art um so mehr vorwaltet, je nachdem das Gussstück stärker oder schwächer in seinen Abmessungen ist, also langsamer oder rascher erkaltet. Für sehr

---

[1]) Koksroheisen Nr. II kommt als solches nicht oder nur äusserst selten in den Handel.

grosse Stücke reicht auch wohl Nr. III allein oder mit Nr. IV vermischt aus. Kommt es auf grössere Festigkeit an, so setzt man Holzkohlenroheisen zu; u. s. f.

Um Hartgüsse darzustellen ist gewöhnlich der Zusatz eines weissen Roheisens zu den genannten Sorten erforderlich. Am besten geeignet ist sogenanntes weissstrahliges Roheisen mit reichlichem Mangan- und Kohlenstoffgehalte, aber frei von Phosphor. Der Zusatz kann bis zu 50 Proc. des ganzen Gemisches betragen, je nachdem das graue Roheisen reicher oder ärmer an Silicium ist und die Härtung tiefer oder weniger tief ausfallen soll.

## Wirkungsgrad der Cupolöfen.

Bei Anwendung mittelguter Koks, z. B. schlesischer Schmelzkoks, mit einem Aschengehalte von $11^1/_2$ Proc., Wassergehalte von 1 Proc., ist man im Stande, bei richtiger Ofenconstruction und Betriebsführung auf 100 Kilogramm Koks mindestens 1500 Kilogramm Roheisen zu setzen und dieses Verhältniss während des Schmelzens beizubehalten. Hierzu kommen noch die zum Anheizen und Füllen des Ofens benutzten Koks. Bei mittelgrossen Oefen pflegt man dazu für ein einmaliges Schmelzen höchstens 450 Kilogramm Koks zu verwenden: rechnet man, dass durchnittlich in einem solchen Ofen 10 000 Kilogramm Roheisen in einem Schmelzen durchgesetzt werden und hieraus bei 5 Proc. Abbrand 9500 Kilogramm Gusseisen erfolgen, so erhält man als totalen Koksverbrauch, um 100 Kilogramm Gusseisen zu schmelzen:

$$\left(\frac{100}{15} + \frac{450}{100}\right) \frac{100}{95} = 12 \text{ Kilogramm},$$

ein Resultat, welches dem wirklichen durchschnittlichen Verbrauche der besseren Oefen mit raschem Schmelzen thatsächlich entspricht. Nicht selten sind die Resultate noch etwas günstiger.

1 Kilogramm Koks mit $11^1/_2$ Proc. Asche und 1 Proc. Wasser besitzt eine theoretische Wärmeleistung $= 0{,}875 \times 8080$ Wärmeeinheiten. 1 Kilogramm geschmolzenes Roheisen besitzt nach Früherem 250 Wärmeeinheiten, mithin der Wirkungsgrad des Cupolofens

$$E = \frac{100 \times 250}{12 \times 0{,}875 \times 8080} = 0{,}294\ ^{1)}.$$

[1]) Will man den Wirkungsgrad noch genauer ermitteln, so kann man einestheils dem Ofen auch diejenige Wärmemenge gut schreiben, welche von den Schlacken aufgenommen worden ist, und ihm andererseits die Wärme zurechnen, welche bei der Verbrennung von Eisen und Silicium entwickelt wird. Auf je 100 Kilogramm Roheisen kommt eine Schlackenmenge von ca. 6 Kilogramm, entstehend aus der Asche der Koks, dem zugeschlagenen Kalksteine, dem an den Roheisenstücken haftenden Sande, den weggeschmolzenen Theilen des Ofens und den oxydirten und verschlackten Bestandtheilen des Roheisens. Die Wärme,

## Schlussbetrachtungen.

Stellen wir die in Früherm ermittelten Wirkungsgrade der einzelnen Schmelzapparate zur bessern Uebersicht einander gegenüber, so ergiebt sich Folgendes:

| | | |
|---|---|---|
| Wirkungsgrad der | Kessel | 0,165 |
| „ „ | Tiegelschachtöfen mit Koksfeuerung | 0,035 |
| „ „ | Tiegelherdöfen mit directer Feuerung | 0,020 |
| „ „ | Tiegelherdöfen mit Regenerativfeuerung | 0,032 |
| „ „ | Herdflammöfen mit directer Feuerung | 0,104 |
| „ „ | Herdflammöfen mit Regenerativfeuerung | 0,170 |
| „ „ | Schacht- oder Cupolöfen | 0,294 |

Die durchschnittlichen Wirkungsgrade der einzelnen Schmelzofengruppen liegen demnach im Allgemeinen so weit aus einander, dass schon sehr erhebliche Abweichungen von den zu Grunde gelegten Betriebsresultaten der Schmelzöfen erforderlich sind, um den Wirkungsgrad einer Gruppe demjenigen einer andern nahe zu bringen. Am nächsten stehen sich die Wirkungsgrade der Kessel und Herdflammöfen ohne Tiegel; doch sind erstere immer noch erheblich günstiger als letztere, wenn nicht bei diesen Regenerativfeuerung angewendet werden kann. Sehr ungünstig ist die Wärmeausnutzung beim Tiegelschmelzen, die bei Weitem am günstigste Ausnutzung findet im Cupolofen statt.

Die Ursachen dieser Erscheinungen dürften nicht schwer zu erkennen sein. Bei dem Tiegelschmelzen ist das gesammte zu schmelzende Metall auf einen verhältnissmässig kleinen Raum des ganzen Apparats zusammengedrängt. Die Oberfläche des Metalls ist gering im Vergleiche zu der gleichfalls zu erhitzenden Oberfläche des Schmelzofens. Die Wärmeabgabe an das Metall findet nicht direct statt, sondern durch Vermittelung der Tiegelwände und wird dadurch erheblich erschwert. Die Gase des Verbrennungsprocesses werden, sobald sie durch Abgabe eines Theils ihrer

---

menge, welche die flüssige Schlacke enthält, beträgt pro Kilogramm nach Minary und Résal 336 Wärmeeinheiten. Bei Verbrennung von Silicium zu Kieselsäure findet eine Wärmeentwickelung von 7830 Wärmeeinheiten, bei der Verbrennung von Eisen zu Eisenoxydul eine Wärmeentwickelung von 1200 Wärmeeinheiten pro 1 Kilogramm des verbrennenden Körpers statt. Gruner nimmt an, dass 4 Proc. Eisen und ½ Proc. Silicium oxydirt werde, eine Ziffer, die in den meisten Fällen zu hoch gegriffen ist, wenn man erwägt, dass der durchschnittlich sich ergebende Abgang von 5 Proc. zum grossen Theile durch mechanische Verluste, durch den mitgenommenen Sand und dergleichen herbeigeführt ist. Das totale Resultat der Berechnung des Wirkungsgrades wird immerhin durch Berücksichtigung dieser Werthe nicht erheblich verändert.

Wärme an die Tiegel auf eine Temperatur abgekühlt sind, welche immer noch höher als die Schmelztemperatur des Metalls sein muss, unbrauchbar für den Schmelzprocess und müssen rasch mit noch dem grössten Theile ihrer ursprünglichen Wärme ungenutzt abgeführt werden. Es ist klar, dass unter solchen Verhältnissen die Wärmeausnutzung nur eine sehr geringe sein kann.

Auch bei den Flammöfen mit gewöhnlicher directer Feuerung leidet der Wirkungsgrad unter dem Umstande, dass die Verbrennungsgase innerhalb des Schmelzraums nur so viel Wärme abgeben dürfen, um nicht unterhalb des Schmelzpunkts abgekühlt zu werden. Dadurch geht der grösste Theil der entwickelten Wärme ungenutzt verloren und lässt sich bei den Oefen mit Siemens'scher Regenerativfeuerung nur theilweise dem Ofen wieder zuführen. Die durch diesen Umstand hervorgerufenen Wärmeverluste sind begreiflicherweise bei den Tiegelschmelzöfen wie bei den Flammöfen um so höher, eine je höhere Temperatur das Metall zum Schmelzen verlangt; wir finden deshalb in beiden Apparaten im Allgemeinen eine um so günstigere Wärmeausnutzung, je weniger hoch die Schmelztemperatur des Metalls ist. Die wärmeabsorbirende Oberfläche des Schmelzapparats ist dagegen bei den Herdflammöfen relativ kleiner als bei sämmtlichen Tiegelöfen, und das Hinderniss, welches die Tiegelwände der Wärmeabgabe entgegen setzen, fällt bei ersteren vollständig weg; daher ist ihr Wirkungsgrad drei- bis fünffach so günstig als bei letzteren.

Der Vortheil, welchen eine niedrige Schmelztemperatur des Metalls für die Ausnutzung der Wärme bietet, zeigt sich in recht deutlicher Weise bei den Kesseln. Da die in denselben schmelzbaren Metalle bei einer bedeutend niedrigern Temperatur flüssig werden als die Verbrennungstemperatur auch eines geringwerthigern Brennstoffs beträgt, so ist es möglich, die Wärme der Verbrennungsgase durch grössere Abkühlung reichlicher auszunutzen, und vorzugsweise hierdurch erklärt sich die Thatsache, dass die Kesselöfen, obschon in der Art der Wärmeübertragung den Tiegelöfen ähnlich, eine günstigere Leistung als selbst die Herdflammöfen mit directer Feuerung gewähren.

Der Schachtofen ist endlich der einzige Apparat, in welchem auch die abziehende Wärme in Folge der entgegengesetzten Bewegungsrichtung von Gasen und Schmelzmaterialien in regelmässiger Weise für den Schmelzprocess nutzbar gemacht werden kann, indem sie in stetem Kreislaufe von der Schmelzsäule selbst in den Schmelzraum zurückgeführt wird. Diesem Umstande und der verhältnissmässig geringen Aussenfläche des Ofens verdanken wir den so viel günstigern Wirkungsgrad dieser Apparate.

Mit dem Wirkungsgrade eines Schmelzapparats stehen die Kosten des Schmelzens in annähernd gleichem Verhältnisse. Die Ursachen, weshalb trotzdem auch die am ungünstigsten arbeitenden Schmelzapparate vielfache Verwendung finden und weshalb der die günstigsten Erfolge

liefernde Schachtofen nur allein für Gusseisen benutzt zu werden pflegt, sind grösstentheils in den Eigenschaften der einzelnen Metalle begründet und bereits früher besprochen worden. Auch die Menge und die Grösse der zu schmelzenden Metallstücke spricht jedoch hierbei mit. Trotz der günstigeren Ergebnisse des Cupolofenschmelzens kann ein Flammofenschmelzen für Gusseisen dann vortheilhaft erscheinen, wenn grosse Stücke eingeschmolzen werden sollen, deren Zerkleinerung mühselig sein würde, und die im unzerkleinerten Zustande im Cupolofen zu langsam schmelzen würden, um nicht durch vorzeitiges Niederrücken eine Abkühlung des Schmelzraums unter die Schmelztemperatur und dadurch einen völligen Stillstand des Betriebes befürchten zu lassen; selbst ein Tiegelschmelzen kann für Gusseisen als das geeignetste erscheinen, wenn es sich darum handelt, nur wenige Kilogramm des Metalls zu verflüssigen.

---

## Literatur über Schmelzen und Schmelzapparate.

Karsten, Metallurgie, Berlin 1831, Bd. III, S. 287 ff.

Karsten, Eisenhüttenkunde, Berlin 1841, Bd. III, S. 295 ff.

Wiebe, Die Maschinenbaumaterialien, Stuttgart 1858, S. 485 ff.

Kerl, Metallurgische Hüttenkunde, Freiberg 1861, Bd. I, S. 349 ff.; Bd. III, S. 345 ff.

Guettier, Traité de la fonderie, Paris 1858, S. 113 ff.

Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, Leipzig 1875, Bd. I, S. 299 ff., Bd II, S. 5 bis 152, S. 277 bis 370.

Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, Braunschweig 1876, S. 606 ff. (Gussstahlerzeugung).

Wagner, Ueber den Bau von Gussflammöfen und deren Betrieb, Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Jahrgang 1857, S. 115.

R. Mallet, One some points of Practice in iron founding, Pratical Mechanics Journal, 3. Serie, Vol. I, p. 354 ff.; Vol. II, p. 229 ff.

---

## 4. Das Giessen.

### Apparate.

Nachdem das Metall im Schmelzapparate in den flüssigen Zustand übergeführt worden ist, kann das Eingiessen desselben in die vorgerichtete Gussform vor sich gehen, wodurch nunmehr in Folge des Erstarrens des eingegossenen Metalls der Process der eigentlichen Formgebung sein Ende erreicht. Nun sind aber die Schmelzöfen, in welchen das Metall verflüssigt wird, stabile Apparate, häufig weit entfernt von dem Platze, wo das flüssige Metall seine Verwendung finden soll, und nur in sehr wenigen Ausnahmefällen ist es möglich, bei dem Entleeren des Ofens das Metall direct in die zu seiner Aufnahme bestimmte Gussform eintreten zu lassen.

Es bedarf also eines Apparats zur Aufnahme des Metalls, nachdem dasselbe den Schmelzofen verlassen hat, um es entweder sammt diesem Apparate durch fremde Arbeit an seinen Bestimmungsort zu transportiren und dort auszugiessen — Pfannen oder Kellen —, oder innerhalb des Apparats durch sein eigenes Gewicht in geregelter Weise und begrenzter Laufbahn dorthin abfliessen zu lassen — Sümpfe und Gossen.

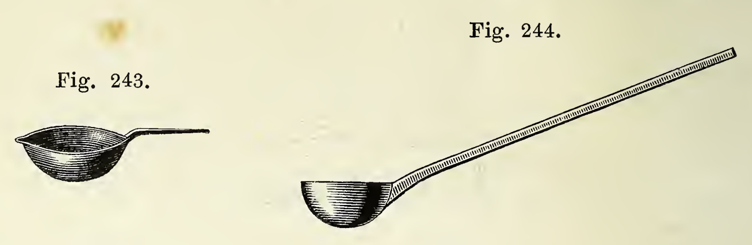
Bei den Tiegelöfen ist, wie wir gesehen haben, der Tiegel selbst beweglich und macht dadurch die Anwendung eines besondern Apparats zum Fortschaffen und Ausgiessen des Metalls entbehrlich.

### Die Giesspfannen oder Kellen.

Die Giesspfannen sind hohle, aus Schmiede- oder Gusseisen hergestellte Gefässe von verschiedener Grösse und einer Form, dass sie sich bequem transportiren und durch Kippen entleeren lassen. Nach der Grösse der Pfannen unterscheidet man:

1. Handpfannen, welche sammt ihrem Inhalte durch eine Person getragen und entleert werden können. Die kleinsten Geräthe dieser Art nennt man richtiger Kellen. Sie sind einer gewöhnlichen Suppenkelle ähnlich geformt (Fig. 243 a. f. S.), fassen $^1/_2$ bis 4 Kilogramm Metall und dienen zum Ausschöpfen der in Kesseln geschmolzenen Metalle, nicht selten auch zum Schmelzen kleiner Metallmengen über einer Gas- oder Spiritusflamme.

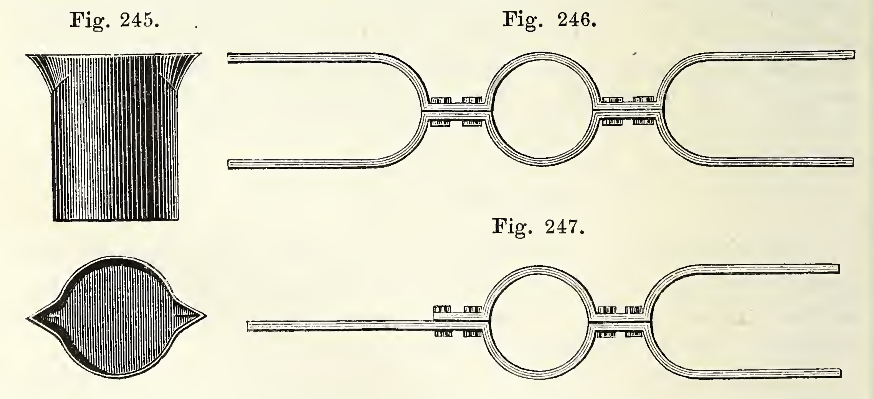
Grössere Handpfannen werden vorwiegend zum Transportiren von Gusseisen in Gewichtsmengen von 10 bis 15 Kilogramm benutzt, wel-


Fig. 243. Fig. 244.

ches man aus dem Stichloche des Ofens in die untergehaltene Pfanne einlaufen lässt. Dieselben bestehen aus dem schmiedeeisernen Stiele und der gewöhnlich halbkugelförmigen, meistens geschmiedeten, Kelle, Fig. 244. Sie werden mit beiden Händen erfasst und getragen, indem die linke, durch einen Handschuh oder ein umgewickeltes Tuch geschützte Hand am ausgestreckten Arme das untere Ende, die rechte Hand am eingebogenen Arme das obere Ende des Stiels erfasst.

2. Gabelpfannen. Sie haben ihren Namen von dem zum Tragen und Kippen dienenden Instrumente, welches Gabel genannt wird. Kleinere Gabelpfannen pflegt man aus Gusseisen, grössere aus Eisenblech zu fertigen, um an Gewicht zu sparen. Der Inhalt derselben ist für 20 bis höchstens 100 Kilogramm berechnet.

Die Form der Gabelpfanne ist gewöhnlich der eines Eimers ähnlich, Fig. 245, seltener halbkugelförmig, an dem obern Rande sind sie mit einer oder auch zwei gegenüberliegenden Tüllen versehen, um das Ausgiessen zu erleichtern. Diese Tüllen müssen, wenn sie ihren Zweck er-


Fig. 245. Fig. 246. Fig. 247.

füllen sollen, tief genug eingebogen und nicht zu schmal sein, auch darf die Spitze der Tülle nicht niedriger liegen als der Rand der Pfanne, weil sonst die Pfanne selbst dadurch an nutzbarem Inhalte verliert.

Die zum Tragen dienende Gabel, auch wohl Bügel genannt, ist aus Schmiedeeisen, wie in Fig. 246 oder 247 abgebildet, hergestellt. Der

innere Ring, welcher sich um den Bauch der Pfanne legt, ist aus starkem Flacheisen gebogen und hat einen solchen Durchmesser, dass die hineingehängte Pfanne bis etwas über die Mitte einsinkt, so dass sie bequem darin getragen und durch Kippen entleert werden kann, ohne dass ein Herausfallen zu befürchten wäre. Die Gabelpfannen werden durch mindestens zwei, bei grösseren Gewichtsmengen des Metalls durch vier bis sechs Arbeiter getragen.

3. Krahnpfannen. Dieselben dienen zum Transportiren und Ausgiessen grösserer Mengen Metall als 100 Kilogramm mit Hülfe des Krahns. Ihre Form ist meistens cylindrisch, häufig mit ausgebauchtem Boden und stets mit Tüllen zum Ausgiessen. An den Seiten sind sie mit zwei gegenüberstehenden Zapfen versehen, mit denen sie in einen vom Krahne getragenen Bügel gehängt werden (Fig. 248). Die Zapfen

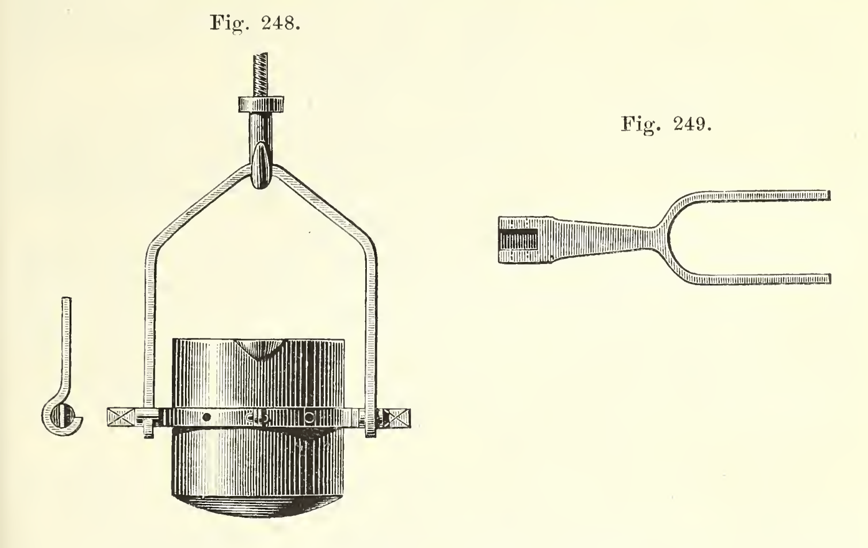


Fig. 248.

Fig. 249.

haben an den Enden vierkantig geschmiedete Ansätze, über deren jeden eine Hülse sich schieben lässt, welche wiederum mit einer gabelförmigen Handhabe zum Kippen der Pfanne versehen ist (Fig. 249).

Denkt man sich durch die Mitte der beiden Zapfen der Pfanne eine gerade Linie gelegt, so bildet diese die Drehungsaxe beim Kippen der Pfanne. Das Kippen lässt sich am leichtesten bewirken, wenn die Drehungsaxe durch den Schwerpunkt der Pfanne sammt ihrem Inhalte geht. Die Lage dieses Schwerpunkts verändert sich aber mit der Menge des flüssigen Metalls in der Pfanne; und da eine und dieselbe Pfanne nicht immer mit der gleichen Menge Metall gefüllt ist, sondern die letztere sich nach der Grösse des Gussstücks richten muss, auch beim Ausgiessen selbst der Schwerpunkt sich verändert, so legt man die Drehungszapfen gern etwas tiefer, als die Lage des Schwerpunkts bei völlig gefüllter Pfanne sein würde. Liegt nämlich die Drehungsaxe über der Schwer-

punktsaxe, so muss beim Kippen begreiflicherweise das Gewicht der Pfanne gehoben werden, liegt sie unter der Schwerpunktsaxe, so befindet sich die Pfanne im labilen Gleichgewichte, so lange beide Linien in einer und derselben Verticalebene liegen, die Pfanne also senkrecht steht; sobald das Kippen beginnt, hört das Gleichgewicht auf und die Pfanne würde von selbst umschlagen, wenn sie nicht mit Hülfe der angesteckten Gabeln davor bewahrt würde. In beiden Fällen wirkt beim Kippen das Gewicht der Pfanne an einem Hebelarme, welcher gleich dem Abstande $b$ (Fig. 250) vom Drehungspunkte bis zu der durch den Schwerpunkt gelegten Verticalebene ist, und es ist das statische Moment, welches man in dem einen Falle überwinden muss, um die Pfanne zu kippen, und welchem man in dem andern Falle entgegen wirken muss, um ein Umschlagen der Pfanne zu verhüten:

Fig. 250.

$$M = a \sin \alpha \,.\, G,$$

worin $a$ den Abstand des Schwerpunkts von der Drehungsaxe, $\alpha$ den Drehungswinkel, $G$ das Gewicht der Pfanne nebst ihrem Inhalte bezeichnet.

Werden also $a$, $\alpha$ und $G$ sehr gross, so kann es in dem zweiten Falle geschehen, dass die vorhandene Kraft nicht mehr ausreicht, die Pfanne vor dem Umschlagen zu sichern, das Metall also in Folge davon mit einem Male ausgeschüttet wird, wodurch nicht allein das Gelingen des Gusses unmöglich gemacht, sondern durch das heftige Umherspritzen auch Gesundheit und Leben der Arbeiter gefährdet werden können, wenn die Metallmenge bedeutend war.

Um nun aus zwei Pfannen von gleichem Inhalte, aber verschiedenem Durchmesser, die gleiche Menge flüssigen Metalls auszugiessen, braucht diejenige die geringste Neigung zu erhalten, welche den grössern Durchmesser und die geringere Höhe besitzt, denn die Menge des bei bestimmter Neigung der Pfanne ausfliessenden Metalls ist annähernd proportional ihrem Durchmesser. Der Winkel $\alpha$ wächst also mit der Höhe der Pfanne, wenn gleiche Metallmengen ausgegossen werden sollen. Ausserdem aber wird der Werth $a$, der Abstand des Schwerpunkts von der Drehungsaxe, immerhin um so geringer ausfallen, je geringer die Höhe der ganzen Pfanne ist, bei flachen Pfannen also kleiner als bei hohen. Hieraus folgt nun, dass man zweckmässigerweise, um das Kippen der Pfanne zu erleichtern und die Gefahr für selbstthätiges Umschlagen zu vermindern, die Pfanne um so flacher construiren wird, je grössern Inhalt dieselbe besitzt, obschon die Abkühlung durch die grössere der Luft ausgesetzte Oberfläche mit dem Durchmesser der Pfanne wächst.

Für Pfannen von 5000 Kilogramm Inhalt und darüber ist ein zweckmässiges Verhältniss zwischen Durchmesser und Höhe = 4 : 3

oder 5 : 4; für weniger grosse Pfannen nimmt man Durchmesser und Höhe gleich; und bei den kleinsten Krahnpfannen kann man ohne Gefahr die Höhe grösser als den Durchmesser annehmen, wodurch die Construction erleichtert und die Ausstrahlung verringert wird.

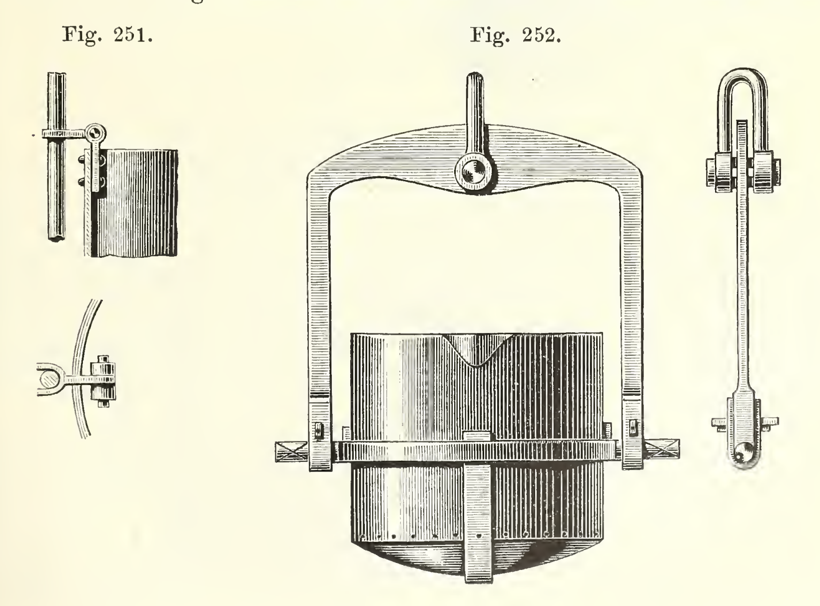
Die Krahnpfannen werden fast ohne Ausnahme und jedenfalls am zweckmässigsten aus Kesselblech zusammengenietet. Für kleinere Pfannen genügt Blech von 4 bis 5 Mm. Stärke; für grössere nimmt man 7 bis 8 Mm. starke Bleche. Die Zapfen der Pfanne sind geschmiedet und entweder mit Laschen an die Pfanne angenietet, oder bei grösseren Pfannen wie in Fig. 248 an einem aus zwei Theilen bestehenden Ringe angeschmiedet, welcher um die Pfanne gelegt und zusammengeschraubt wird. Dadurch erhält gleichzeitig die Pfanne eine grössere Steifigkeit gegen das Ausbauchen. Der Ring wird mit einigen Nieten an die Pfanne befestigt, grosse Pfannen sichert man ausserdem durch zwei kreuzförmig über den Boden der Pfanne gelegte und mit überstehenden Nasen versehene Bänder vor dem Hinunterrutschen (siehe unten Fig. 252).

Ein gewölbter Boden erhöht die Festigkeit, hat aber die Unannehmlichkeit, dass die Pfanne weniger sicher auf ebenem Boden steht und in Sand eingegraben werden muss.

Um die beim Transporte frei an dem Krahnbügel hängende Pfanne vor dem Umschlagen zu sichern, ist die einfachste Vorrichtung, die Anbringung zweier kleiner, in Scharnieren beweglicher, gabelförmiger Ueberwürfe, Fig. 251, welche sich über den Bügel legen und dadurch die Pfanne in senkrechter Lage erhalten.

Der Krahnbügel besteht bei kleineren und mittleren Pfannen am

Fig. 251. Fig. 252.

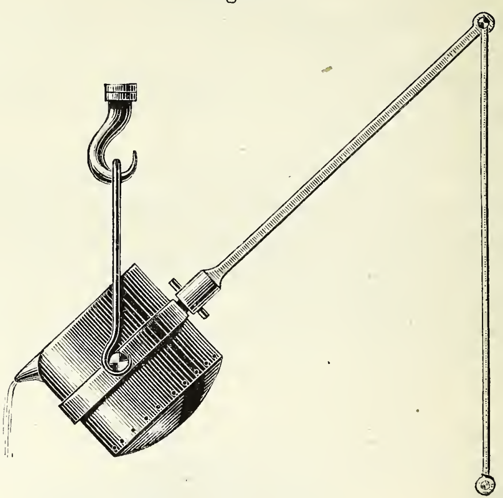


einfachsten aus einem U-förmig gebogenen Stücke starken Rundeisens (Fig. 248), an den Enden der Schenkel aufwärts gebogen, um die Zapfen der Pfanne zu erfassen.

Für schwere Pfannen schmiedet man den Bügel aus starkem Flacheisen unter Berücksichtigung seiner Belastung und giebt ihm wohl statt der aufgebogenen Enden ein Schloss mit Keilverschluss Fig. 252, um die Pfanne vor dem Herausfallen zu sichern, obschon das eigene Gewicht der Pfanne auch bei den einfacher gestalteten Bügeln dieses Herausfallen unmöglich macht.

Zur Verhütung des Unglücks, welches durch unvorhergesehenes Umschlagen einer sehr grossen, mit flüssigem Metalle gefüllten, Pfanne entstehen kann, sowie zur sicherern Handhabung des allmäligen Kippens und Ausgiessens giebt es verschiedene Vorsichtsmaassregeln.

Fig. 253.



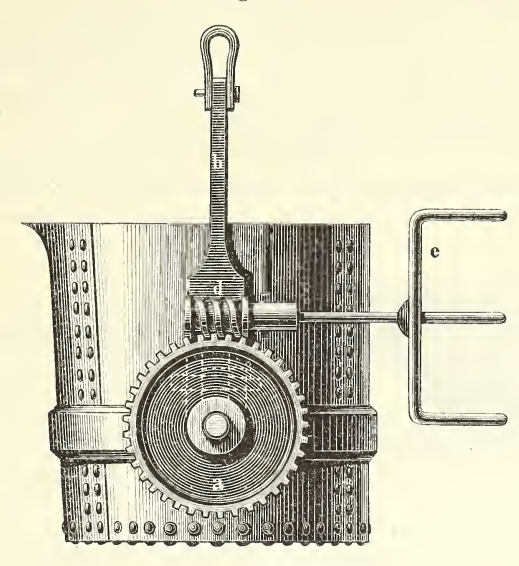
Das einfachste Mittel dieser Art ist ein langer Hebelarm, dessen eines Ende mit der Pfanne in Verbindung gesetzt wird, während das andere mit Hülfe einer Zugstange durch eine Anzahl Arbeiter gehandhabt wird, Fig. 253. Die Befestigung geschieht durch einen an der Pfanne befindlichen Zapfen, welcher an dem Ringe, der die Drehungszapfen trägt, angeschweisst sein kann, und einer an dem Hebel befindlichen über den Zapfen geschobenen und festgekeilten Hülse, wie bei den Gabeln an den Drehungszapfen.

Bequemer, wenn auch etwas kostspieliger, ist die Bewegung durch Schnecke und Schneckenrad, wie in Fig. 254 und 255. An dem einen verlängerten Zapfen der Pfanne sitzt das Schneckenrad *a*, an dem mit Schloss über die Zapfen greifenden Bügel ist das Lager *c* befestigt, in welchem die Schnecke *d* gelagert ist. An dem verlängerten Zapfen der Schnecke greift mit einer übergeschobenen und durch Keilverschluss

befestigten Hülse das Kreuz *e* an, durch dessen Drehung das Kippen erfolgt.

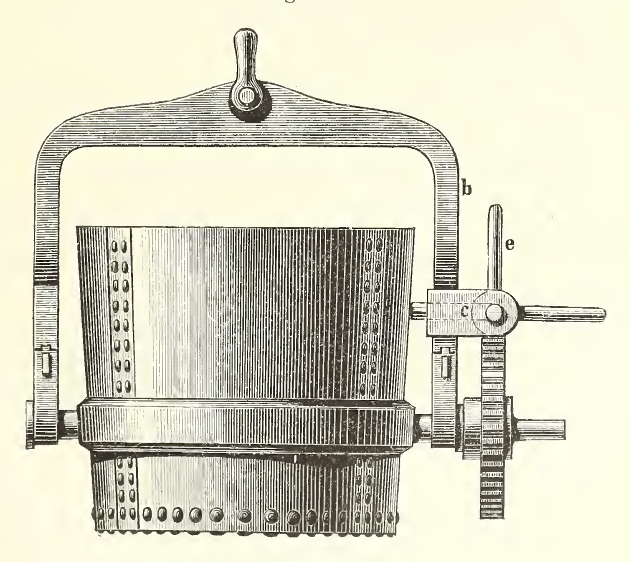
Die zum Ausgiessen von Bessemer-Metall benutzten Giesspfannen

Fig. 254.




unterscheiden sich von den bisher beschriebenen Krahnpfannen dadurch, dass sie am Boden eine Oeffnung haben, welche durch einen sogenannten

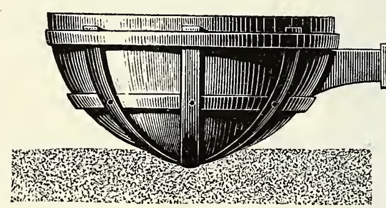
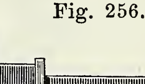
Fig. 255.



Stopfen mit langem Stiele ventilartig verschlossen gehalten wird, sie also nicht gekippt zu werden brauchen, um entleert zu werden. Eine solche Einrichtung ist jedoch nur da anwendbar, wo das Metall, wie es beim Bessemer-Processe der Fall ist, hoch über seinen Schmelzpunkt erhitzt ausgegossen wird. In gewöhnlichen Giessereien, wo das Metall niemals in einem so hoch erhitzten Zustande ausgegossen werden darf, würde der Stopfen sich leicht in der Ausflussöffnung festsetzen oder letztere vom erstarrenden Metalle verstopft werden, eine Regulirung des ausfliessenden Metallstroms daher unmöglich sein.

4. Kippfannen. Dieselben bilden den Uebergang von den bisher besprochenen transportabeln Pfannen zu den feststehenden Sümpfen und sind in Fig. 256 abgebildet. Sie werden in Giessereien benutzt,

Fig. 256.

welche mit maschinellen Vorrichtungen zum Heben und Transportiren grosser Lasten nur in unzureichender Weise versehen sind, wenn ein grösseres Gussstück an einer von den Schmelzöfen entfernten Stelle zum Abgusse gebracht werden soll. Kippfannen dienen dann zur Aufnahme und zum Ansammeln des flüssigen Metalls, welches ihnen in Gabelpfannen allmälig zugetragen wird; und sie müssen eine solche Form haben, dass sie sich ohne Krahn und ohne Gefahr für plötzliches Umschlagen allmälig entleeren lassen.

Zu diesem Zwecke sind sie halbkugel- oder calottenförmig gestaltet, an der dem Ausgusse gegenüberliegenden Seite mit einem langen Stiele versehen, durch dessen Hebung das Ausgiessen erfolgt, während die Pfanne mit dem Boden auf einer Sandunterlage ruht.

Man fertigt die Kippfannen gewöhnlich aus Gusseisen und armirt sie zur Beseitigung jeder Gefahr beim etwaigen Zerspringen des Gusseisens mit umgelegten schmiedeeisernen Bändern. Man hat Kippfannen von 1500 bis 5000 Kilogramm Inhalt.

Sämmtliche beschriebenen Giesspfannen müssen, bevor sie benutzt werden, einen gegen die Einwirkung des heissen Metalls schützenden Ueberzug erhalten. Je mehr Metall sie aufnehmen und je höher erhitzt dasselbe ist, desto sorgfältiger muss der Ueberzug hergestellt werden.

Kleine Handpfannen brauchen nur durch Lehmwasser gezogen und getrocknet zu werden; grössere Pfannen für Gusseisen werden an ihrer Innenseite 20 bis 30 Mm. stark mit Lehm ausgekleidet, für sehr grosse

Pfannen und insbesondere für solche zu Stahlgüssen benutzt man statt des Lehms feuerfeste Masse. Stets muss der Ueberzug sorgfältig getrocknet werden, ehe die Pfannen benutzbar sind. Bleibt etwas Feuchtigkeit zurück, so geräth das Metall in der Pfanne in wallende Bewegung, wird auch wohl herausgeworfen und rasch abgekühlt. Man gebraucht deshalb bei grossen Pfannen die Vorsicht, einige Löcher durch den Mantel zu bohren, durch welche der etwa noch sich entwickelnde Wasserdampf Abzug finden kann. Das Trocknen wird über einem Rostfeuer oder durch ein in der Pfanne selbst unterhaltenes Feuer aus leicht brennbarem Materiale bewirkt.

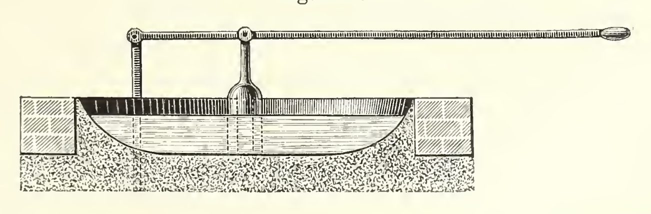
## Die Sümpfe und Gossen.

Sumpf oder Teich nennt man einen auf der Hüttensohle aufgemauerten oder durch Aufschichtung von Roheisenbarren hergestellten und mit Sand ausgeschlagenen schalenförmigen Behälter für das flüssige Metall zu dem Zwecke, dasselbe anzusammeln und dann durch eine in ähnlicher Weise hergestellte Gosse oder Rinne in einem genau regulirbaren Strome der Gussform zuzuführen. Besonders wichtig sind also diese Sümpfe, wenn es darauf ankommt, das in mehreren Schmelzöfen gleichzeitig geschmolzene Metall zunächst zu vereinigen.

Zu diesem Zwecke muss also der tiefste Punkt des Sumpfs höher liegen als der höchste Punkt der Gussform, aber auch das Niveau des flüssigen Metalls im Sumpfe niedriger als das Stichloch der Schmelzöfen, damit das Metall von selbst in den Sumpf und aus diesem in die Gussform laufen kann. Man legt also bei Benutzung eines Sumpfs die Gussform so tief, dass ihre Oberfläche im Niveau der Hüttensohle zu liegen kommt. Es muss ferner eine Vorrichtung vorhanden sein, um den Ausfluss des Metalls ganz abzusperren oder in beliebiger Menge stattfinden zu lassen.

Der Sumpf, Fig. 257, ist oben offen und hat runden oder länglichen Grundriss. Die Seitenwände müssen stark genug sein, um dem Ver-

Fig. 257.



schieben durch den Druck des Metalls genügend zu widerstehen. An der der Gussform zugekehrten Seite befindet sich eine schmale Auslassöffnung, welche durch eine Schützvorrichtung geschlossen ist und geöffnet werden kann. Der Schütz ist aus Gusseisen, mit Lehm sorgfältig be-

kleidet und an einer horizontalen Stange befestigt, durch deren Heben oder Senken also der Ausfluss des Metalls aus dem Sumpfe regulirt wird. Durch diese Oeffnung gelangt das Metall in die schwach geneigte Gosse, welche es der Gussform zuführt.

---

In vollständig abweichender Weise als durch die beschriebenen Apparate geschieht der Transport des flüssigen Metalls durch die beim Letterngusse benutzte Giesspumpe. Eine kleine Druckpumpe steht innerhalb des mit dem Metalle gefüllten Kessels und drückt bei jedem Niedergange des durch die Hand mit Hülfe eines Hebels bewegten Kolbens eine entsprechende Menge Metall durch ein kurzes Rohr mit Mundstück in die vorgehaltene Gussform. Hiervon eingehender im speciellen Theile.

---

**Arbeitsverfahren.** Das Giessen erfolgt in der schon angedeuteten Weise durch Kippen der Giesspfanne (des Tiegels) oder durch Oeffnen des Schützes. Diese Arbeit muss in solcher Weise ausgeführt werden, dass das Metall in ununterbrochenem Strahle in die Gussform eintritt, und dass bei geschlossenen Gussformen der Einguss mit flüssigem Metalle angefüllt bleibt. Die Erfüllung dieser Bedingungen ist um so wichtiger, je höher die Schmelztemperatur des Metalls und je leichter oxydationsfähig dasselbe ist. Vernachlässigt man dieselben, so tritt bei einer Unterbrechung des Metallstrahls eine Oxydation oder Erstarrung an der Oberfläche ein, und es entstehen unganze Stellen, sogenannnter Kaltguss, an welchen das nachfliessende Metall nur über das vorher ausgegossene hinweg geflossen ist, ohne sich mit demselben zu vereinigen. Daher ist die Ausführung des Giessens um so leichter, je weniger Gefässe in eine gemeinschaftliche Gussform entleert werden sollen; sie ist schwierig, wenn, wie in Gussstahlgiessereien, das Metall aus einer Anzahl kleinerer Gefässe (Tiegel) in einer grössern Gussform vereinigt werden soll. Die Tiegel müssen in solchen Fällen in genau vorgezeichneter Ordnung und Reihenfolge einer nach dem andern in eine nach der Gussform führende Rinne ausgegossen und das Ausgiessen des folgenden Tiegels stets in dem Augenblicke begonnen werden, wo der vorausgehende fast entleert ist. Zur Ausführung grosser Güsse in solcher Weise, welcher die Krupp'sche Gussstahlfabrik in Essen zum Theil ihre ausserordentlichen Erfolge verdankt, ist ein streng geschultes Arbeiterpersonal unentbehrlich, unter welchem jeder Einzelne mit grösster Pünktlichkeit den richtigen Zeitpunkt zu treffen und jeden Wink des leitenden Meisters zu befolgen weiss.

Eine andere Bedingung für das Gelingen des Gusses ist die Reinheit der Oberfläche des einzugiessenden Metalls. Fast immer schwimmen

auf derselben, so lange das Metall sich im Sammelgefässe befindet, einzelne fremde Körper, seien es Schlacken vom Schmelzprocesse, Reste von Brennstoffen, Ausscheidungen und Oxydationsproducte des Metalls selbst. Gerathen diese Körper in die Gussform, so stören sie natürlich die Gleichmässigkeit und Dichtigkeit des Gefüges, wenn sie nicht, was nur ausnahmsweise der Fall ist, Gelegenheit finden, in einem vorhandenen verlorenen Kopfe emporzusteigen. Deshalb wird die Oberfläche des in der Pfanne, dem Tiegel etc. befindlichen Metalls, bevor das Ausgiessen beginnt, sorgfältig von allen jenen fremden Körpern gereinigt, und die sich inzwischen etwa wieder bildenden Oxydationsproducte und Ausscheidungen werden beim Ausgiessen durch einen Arbeiter zurückgehalten. Man bedient sich dazu des „Krampstockes“, in einzelnen Fällen aus einer hölzernen Latte bestehend, in anderen aus einem Eisenstabe gebildet, welcher an seinem Ende schaufelartig ausgeschmiedet und mit Lehm überzogen ist, um jene fremden Körper vor dem Giessen damit über den Rand des Gefässes durch Abwerfen zu entfernen und beim Giessen von dem Eintritt in die Gussform zurückzuhalten.

Die schon mehrfach hervorgehobenen Einflüsse der Temperatur des flüssigen Metalls auf das Gelingen des Gussstücks sind wohl zu beachten. Diese Temperatur muss zwar so hoch sein, dass das Metall auch unter den abkühlenden Einflüssen der Gussform lange genug flüssig bleibt, um alle Theile der letztern voll und scharf auszufüllen. Je schwächer also die Abmessungen des Gussstücks sind, desto höher erhitzt muss das Metall eingegossen werden; jedes Uebersteigen dieses Maasses der Temperatur befördert aber die Entstehung von Hohlräumen durch Schwindung (S. 93), von Blasenräumen durch Gasentwickelung (S. 102), eines ungleichartigen Gefüges durch Saigerung bei Legirungen (S. 7 und 110). Ist daher das Metall hoch über seinen Schmelzpunkt erhitzt — und eine solche Ueberhitzung wirkt im Allgemeinen günstig für die Eigenschaften des Metalls —, so ist vor dem Gusse grosser Stücke eine entsprechende Abkühlung durch längeres Stehenlassen im Sammelbehälter nöthig, bevor der Guss beginnen kann. Man unterstützt zweckmässigerweise die Abkühlung durch öfteres Rühren mit Holz- oder Eisenstangen, wodurch zugleich das Entweichen gelöster Gase befördert und der Neigung gewisser Legirungen entgegen gearbeitet wird, bei ruhigem Stehen zu unterst specifisch schwerere, zu oberst specifisch leichtere, abweichend zusammengesetzte Legirungen abzusetzen. Die Farbe des flüssigen Metalls muss dem erfahrenen Giesser einen Maassstab geben, wann der für den jedesmaligen Guss geeignete Wärmegrad eingetreten ist.

Je geringere specifische Wärme ein Metall besitzt, je rascher also durch Wärmeentziehung seine Temperatur sinkt, in einem desto höher über seinen Schmelzpunkt erhitzten Zustande kann es begreiflicherweise in die Gussform gegossen werden ohne Gefahr für das Gelingen des Gusses. Zinn besitzt eine ziemlich geringe specifische Wärme (0,05), und lässt sich durch Wärmeentziehung rasch zum Erstarren bringen; hierauf

beruhen bei Anwendung metallener Gussformen zwei abweichende Giessmethoden in der Zinngiesserei, welche man Heissguss und Kaltguss nennt. Bei dem ersteren ist die Gussform durch Eintauchen in das flüssige Metall vorgewärmt und das Metall bedeutend über seinen Schmelzpunkt erhitzt. Sobald aber das Eingiessen beendet ist oder noch während desselben wird die Gussform durch umgelegte nasse Lappen gekühlt. Dadurch bringt man das Metall rings an den Wänden zum Erstarren, während der Einguss noch flüssig bleibt, dem dort befindlichen Metalle also Gelegenheit gegeben ist, die beim Erstarren und Schwinden des Abgusses entstehenden Hohlräume durch Nachfliessen auszufüllen. Dieses Verfahren wird vorzugsweise für die Herstellung scharfer und dichter Abgüsse benutzt (Schrauben mit scharfkantigem Gewinde und dergleichen); es erhöht durch die rasche Wärmeentziehung zugleich die Härte und Steifheit des Metalls.

Beim Kaltgiessen wird das Metall nur so stark erhitzt, dass es auf der Oberfläche noch keine Anlauffarben zeigt, und in diesem Zustande in die vorher angewärmte Gussform gegossen.

Bei Gussformen aus bildsamem Materiale und Metallen, die in hoher Temperatur schmelzen (Gusseisen, Gussstahl, Bronze), entweichen aus den Luftcanälen und Windpfeifen beim Gusse brennbare Gase (Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe, Wasserstoff), welche beim Heraustreten durch einen vorgehaltenen brennenden Spahn entzündet werden, um Explosionen zu verhüten, welche durch Ansammeln und plötzliche Entzündung derselben entstehen könnten.

Ist der Abguss mit verlorenem Kopfe versehen (S. 100), so ist fleissiges Nachgiessen frischen, heissen Metalls in den Kopf durchaus erforderlich, so lange es noch möglich ist, die zuerst starr werdende obere Kruste mit einem Spiesse zu durchstossen und dadurch Oeffnung für das Eingiessen herzustellen.

Hinsichtlich der Wichtigkeit, welche bei spröden Metallen (z. B. Gusseisen) die Regelung der Abkühlung eines Gussstücks nach dem Gusse zur Vermeidung von Spannungen besitzt, kann auf das früher hierüber Gesagte (S. 97) verwiesen werden.

Je kleiner das Gussstück ist, desto einfacher gestaltet sich im Ganzen die Ausführung des Giessens und der damit zusammenhängenden Arbeiten; während ein einziger Arbeiter im Stande ist, ohne fremde Hülfe eine grosse Anzahl kleinerer Gussformen nach einander abzugiessen, müssen zu dem Gusse eines grossen Gussstücks nicht selten zwanzig und mehr Arbeiter angestellt werden, um das Kippen der Giesspfannen, das Abstreichen der Metalloberfläche, das Entzünden der entweichenden Gase u. s. w. auszuführen.

---

Durch gewisse Kunstgriffe beim Giessen lassen sich in einzelnen Fällen Erfolge erreichen, welche auf anderm Wege eine erheblich grössere Menge Arbeit erfordert haben würden.

Giesst man auf eine Stelle eines Metallstücks mit metallisch reiner Oberfläche so lange einen Strahl flüssigen Metalls gleicher Beschaffenheit, bis jene Stelle zum beginnenden Schmelzen erhitzt ist, und lässt dann das zuletzt aufgegossene Metall erstarren, so vereinigt sich dasselbe mit dem vorhandenen Metallstücke zu einem Ganzen in derselben Weise als seien beide Theile schon ursprünglich in einem einzigen Stücke gegossen. Es ist dieses der nämliche Vorgang, welcher sich täglich auch bei anderen Körpern beobachten lässt; wenn man Wasser auf Eis giesst, und es mit demselben zusammenfriert; wenn an unseren Kerzen geschmolzenes Stearin etc. herabläuft und an dem untern Theile grosse Ansätze bildet u. s. f. In der Metallgiesserei findet dieser Vorgang mehrfache Anwendung. In den Werkstätten der Zinngiesser werden sehr häufig auf diese Weise an Gefässe Henkel angegossen, wenn die Form des Gefässes die Herstellung desselben sammt Henkel in einem einzigen Gusse nicht gestattet. Ueber die Einrichtung der hierfür benutzten metallenen Gussformen wurde schon früher (S. 202) Näheres mitgetheilt. Bei dem Zinn wird ein solches Angiessen einzelner Theile an vorhandene Abgüsse erheblich durch die Leichtschmelzbarkeit und geringe Oxydationsfähigkeit desselben erleichtert. Weit schwieriger wird das Gelingen, wenn das Metall schwerschmelzbar und zur Oxydation geneigt ist. Beide Eigenschaften besitzt das Gusseisen, trotzdem gelingt es unter Anwendung besonderer Vorsichtsmaassregeln, auch an Gusseisenstücke Theile anzugiessen, wenn sie entweder beim Gusse mangelhaft ausgefallen oder bei der Verwendung beschädigt worden waren und die Anfertigung eines neuen Abgusses erhebliche Mehrkosten verursachen würde. Man nennt in der Eisengiesserei dieses Angiessen neuer Theile an bereits vorhandene mit einem nicht gerade gut gewählten Ausdrucke „Anschweissen“.

Den in dieser Beziehung vollkommensten Erfolg zeigt das nicht selten vorkommende Anschweissen eines neuen Zapfens an Stelle eines abgebrochenen an eine grosse Walze für Metallwalzwerke; und es möge deshalb die Beschreibung des Verfahrens hierbei als Beispiel für das Arbeitsverfahren im Allgemeinen dienen.

Ist der Bruch der Walze erfolgt, so ist es zunächst erforderlich, dieselbe bis zur Vornahme der Arbeit an einem trocknen Orte, also nicht etwa im Freien, aufzubewahren, um die Bruchfläche vor Rost zu schützen. Hat sich trotzdem ein Rostüberzug gebildet, so wird er mit Meissel und Feile sorgfältig entfernt. Die Walze wird nun in senkrechter Lage, die Bruchfläche nach oben, in die Dammgrube eingegraben, so dass die Bruchfläche annähernd horizontale Lage erhält. Vorher ist bereits eine Gussform aus Lehm oder Masse für den anzugiessenden Zapfen nebst verlornem Kopfe gefertigt und sorgfältig getrocknet worden. Für das Gelingen des Angiessens ist es nothwendig, dass der Durchmesser dieser Gussform

mindestens 30 Mm. grösser sei als der Durchmesser des fertig bearbeiteten Zapfens, dass also die Gussform ringsherum über die Bruchfläche vorsteht, weil die Erfahrung lehrt, dass erst in einigem Abstande vom Rande des angegossenen Theils völlige „Schweissung“ stattfindet. Am untern Rande der Gussform befindet sich eine Oeffnung zum Einfliessen und einige Oeffnungen zum Abfliessen des zuerst eingegossenen Metalls, derartig vertheilt und von solcher Grösse, dass beim Giessen das flüssige Metall von der Seite des Eingusses her sich über die Bruchfläche hin vertheilt, diese völlig bespült, aber zugleich rasch auf der andern Seite abfliessen kann, ohne dass an irgend einer Stelle Ansammlungen erkaltenden Metalls stattfinden können. Die in solcher Weise hergerichtete Gussform wird also an ihre Stelle gebracht, mit Sand umstampft, und in diesem die Canäle für Ein- und Ausfliessen des Metalls angebracht. Selbstverständlich muss in dem Dammgrubensande an geeigneter Stelle ein tiefer gelegener Sumpf zur Aufnahme des abfliessenden Metalls angelegt werden.

Man beginnt nun mit dem Erhitzen der Bruchfläche durch ein über derselben angebrachtes und mehrere Stunden unterhaltenes Holzkohlenfeuer bis zur Rothgluth, dann entfernt man Holzkohlen, Asche u. s. w. und giesst nun in ununterbrochenem Strahle möglichst stark erhitztes Metall in der vorhin beschriebenen Weise über die Bruchfläche hinweg, so lange bis diese an der Oberfläche zu erweichen beginnt. Gewöhnlich ist die drei- bis vierfache Menge Metall von dem Gewichte des anzugiessenden Zapfens erforderlich. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so verstopft man, ohne das Giessen zu unterbrechen, die Abflussöffnungen, wodurch nunmehr das Metall gezwungen wird, in der Gussform aufzusteigen und diese anzufüllen. Man bedeckt dann den Kopf mit Kohlenlösche, giesst von Zeit zu Zeit frisches Metall durch den Kopf nach und lässt langsam erkalten. Der Zapfen wird später auf seinen normalen Durchmesser abgedreht. Ist das Angiessen gelungen, so pflegt die Festigkeit an der Verbindungsstelle grösser sls vorher zu sein, so dass ein neuer Bruch an derselben Stelle kaum zu befürchten ist.

Ein Giessverfahren, zur Ersparung von Kernen für Hohlkörper angewendet, ist der sogenannte Schwenk- oder Stürzguss. Man giesst die Gussform zunächst, ohne einen Kern einzulegen, mit Metall voll aus, wendet sie nach einigen Augenblicken, wenn man annehmen kann, dass sich rings an den Wänden eine hinlänglich starke Kruste erstarrten Metalls angesetzt hat, der Kern aber noch flüssig ist, derartig um, dass die Mündung des zu bildenden Hohlraums nach unten steht, und lässt nun das noch flüssige Metall auslaufen, indem man, wenn es nöthig ist, die vorhandene Kruste an dieser Stelle mit einem spitzigen Werkzeuge durchstösst.

Dieser Sturzguss findet in der Zinngiesserei bei Anfertigung von Statuetten, ornamentalen und überhaupt solchen Gegenständen öftere Anwendung, für welche ein genau passender Kernkasten schwierig herzu-

stellen sein würde, also auch bei dem Gusse hohler Knöpfe, Kinderservice, Henkel und dergleichen mehr, wenn es nicht darauf ankommt, dass die Innenfläche vollständig glatt und eben sei. Seltener, aber doch in einzelnen Fällen, macht man auch in der Zink-, Bronze- und Eisengiesserei von dieser Giessmethode Gebrauch. So giesst man z. B. in der durch ihre Leistungen auf dem Gebiete des Kunstgusses berühmten Eisengiesserei zu Ilsenburg am Harze auf diese Weise Hirschgeweihe, welche statt der natürlichen Geweihe zur Decoration von Jagdhäusern u. s. w. gebraucht werden und, voll gegossen, zu schwer ausfallen würden; das flüssige Metall lässt man an der Wurzel des Geweihes auslaufen.

Mit dem Stürzgusse verwandt ist die Anfertigung der sogenannten Zinnbrillanten oder Fahluner Diamanten, ein Arbeitsverfahren, welches schon hier Erwähnung finden möge, obschon, streng genommen, die Beschreibung desselben in das Gebiet der speciellen Technologie gehört. Diese zu Theater- und Maskenschmuck benutzten Zinnbrillanten bestehen aus dünnen Metallblättchen in grösseren oder kleineren Flächen, unter verschiedenen Winkeln zusammenstossend und mit ausserordentlich starkem Glanze. Die Legirung zu ihrer Anfertigung besteht aus 3 Thln. Zinn und 2 Thln. Blei. Man benutzt, gewissermaassen als Modell, Glaskörper, facettirt, geschliffen und polirt, welche in die geschmolzene Legirung eingetaucht werden. Die Erwärmung der letztern darf nur wenig den Schmelzpunkt übersteigen, so dass beim Eintauchen des kalten Glaskörpers sich an demselben sofort eine erstarrte dünne Kruste bildet, welche mit demselben herausgezogen wird, nach dem Erkalten von selbst abfällt, äusserlich rauh, glanzlos ist, an der Innenfläche aber jenen spiegelnden Glanz besitzt, welcher ihr die Wirkung eines im Relief geschliffenen Körpers verleiht. Ein Giessen im engern Sinne findet also hierbei gar nicht statt.

Die durch Anwendung des Stürzgusses erzielte Ersparung eines Kerns bei dem Gusse von Hohlkörpern hat man in anderer Weise bei Gussstücken mit kreisförmigen Querschnitten — Röhren, Gefässen etc. — durch den Centrifugalguss zu erreichen gesucht, jedoch, wie im Voraus bemerkt wird, mit weniger genügendem Erfolge. Die Gussform wird mit einem Apparate in Verbindung gebracht, durch welchen sie in rasche drehende Bewegung um ihre Achse versetzt werden kann. Man giesst so viel Metall ein, als zur Erzielung der vorgeschriebenen Wandstärke erforderlich ist, und setzt den Apparat in Bewegung. Das Metall vertheilt sich vermöge der Centrifugalkraft an den Wänden der Gussform und kommt dort zum Erstarren.

---

## Literatur.

Ueber Geräthe zum Giessen:

Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, Bd. I, S. 746 ff.
Guettier, Traité de la fonderie, p. 253.

Ueber geeignete Giesstemperatur der Metalle.

Künzel, Ueber Bronzelegirungen, S. 93.

Ueber Stürzguss und Centrifugalguss:

Dürre, Handbuch des Eiesengiessereibetriebes, Bd. II, S. 489 und 500.
Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, 5. Afl., Bd I, S. 97 u. 132.
Dingler, Polytechnisches Journal, Bd. 114, S. 326; Bd. 141, S. 100.

Ueber Zinnbrillanten:

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, Bd. I, S. 41.

---

## 5. Ueber die Anlage und Einrichtung der Giessereien.

Für die Anlage einer jeden Giesserei — sie möge sich auf das Giessen von Metallen beschränken, die nur einen Kessel für den Schmelzprocess erfordern, oder auch in höherer Temperatur schmelzbare Metalle in ihr Bereich ziehen — liegt die Aufgabe vor, einen vor den Unbilden der Witterung geschützten Raum herzustellen, in welchem die Arbeiten der Giesserei, beziehentlich auch der Formerei, in geordneter Reihenfolge vorgenommen werden können.

Der Raum muss also ringsum geschlossen und überdacht sein, um Regen, Schnee und Winden den Eingang zu verwehren, er muss von unten her trocken sein; er muss hell sein, um die oft feinen Arbeiten genau erkennen zu können, er muss dagegen — wenn es möglich ist — vor den directen Sonnenstrahlen geschützt sein, welche durch Blendung der Augen die Arbeit erschweren und im Sommer oft durch übermässige Wärme die Arbeiter belästigen.

Die Lösung der Aufgabe ist um so leichter, je kleiner der Umfang der Giesserei werden soll, je weniger Arbeit die Herstellung der Gussformen verursacht, und je einfacher der Schmelzprocess des zu vergiessenden Metalls vor sich geht.

Kleine Giessereien für Metalle mit niedrigem Schmelzpunkte beschränken sich auf die Benutzung eines Raums im Wohnhause, in welchem ein oder mehrere Kessel zum Schmelzen des Metalls eingemauert sind, während der Arbeiter die vorhandenen constanten Gussformen nur zusammenzusetzen und neben dem Schmelzkessel aufzustellen braucht, um den Guss vornehmen zu können. An den Wänden des Raums pflegen sich Holzgerüste — Repositorien — zu befinden, welche zur Aufbewahrung der nicht in Gebrauch befindlichen Gussformen dienen. In solcher Weise sind die kleinen Giessereien für Zinn- und Bleiwaaren eingerichtet.

Die Anlage wird umfangreicher, sobald die Anfertigung von Gussformen aus bildsamem Materiale erforderlich wird, mit der Giesserei also die Formerei verbunden ist. Kommt die Nothwendigkeit hinzu, die Gussformen vor dem Gusse zu trocknen, so tritt durch die Anlage der Trockenkammern eine fernere Erweiterung des Giessereiraums hinzu.

Kleinere Gegenstände pflegt man auf gusseisernen Formbänken einzuformen, welche dicht unter den Fenstern des zur Formerei benutzten

Raums befindlich sind, um den hellsten Platz zu der Arbeit des Einformens zu benutzen. Die Formbänke bestehen aus gusseisernen Herdgussplatten, welche in der Höhe von 65 Centimeter auf gusseisernen Böcken aufruhen und festgeschraubt sind. Die Bank ist etwa 2 Meter lang und 1 Meter breit. An den Seiten ist sie durch emporstehende Giebelstücke aus Gusseisen begrenzt. In den beiden Ecken nach der Wand zu hat der Former seinen Formsand liegen, und zwar in der einen Ecke gesiebten, in der andern ungesiebten.

Sind mehrere Formbänke vorhanden, so bilden sie an der Wand des Gebäudes fortlaufend eine zusammenhängende Reihe.

Grössere Gegenstände formt man auf dem Erdboden des Formereiraums ein. Derselbe muss daher vor allen Dingen eben und trocken sein. Will man für sehr grosse Gegenstände den Unterkasten sparen und direct in den Erdboden einformen, so hebt man wohl auf 1 bis 2 Meter Tiefe den ganzen Erdboden heraus und füllt die Vertiefung mit porösem Formsande aus.

Eisengiessereien, welche sich ihr Roheisen in eigenen Hochöfen erzeugen, sind bisweilen mit gusseisernen Platten als Fussboden ausgelegt. Man erhält dadurch eine ebene Fläche und den Vortheil, dass von dem beim Giessen vorbeigegossenen flüssigen Metalle nichts verloren gehen kann. Solche Platten pflegt man direct aus dem Hochofen zu giessen und als Roheisen zu betrachten; in Giessereien, welche ihr Roheisen kaufen müssen, ist die Anwendung solcher Platten weniger üblich.

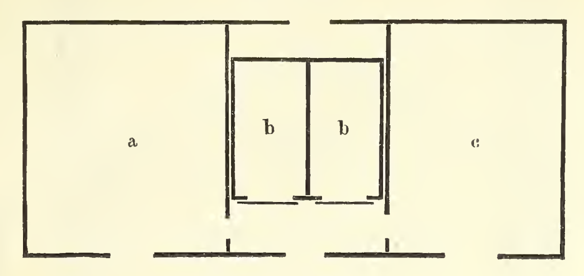
Die Arbeiten des Formens, Trocknens und Giessens kann man entweder in einem einzigen Raume vereinigen oder in mehreren Räumen getrennt vornehmen. Gussformen in grünem Sande pflegt man in einem und demsellen Raume einzuformen und abzugiessen, um unnöthigen Transport derselben zu ersparen, bei Gussformen in Masse und Lehm aber, welche ohnehin in die Trockenkammern geschafft werden müssen, ist die Arbeit gleich gross, ob man sie zum Abgusse in das Formereilocal zurück oder in einen andern nur zum Giessen bestimmten Raum schafft; und es ist dann diese letztere Einrichtung in manchen Fällen vorzuziehen, weil dadurch die Arbeiten des Einformens und Giessens weniger einander gegenseitig behindern. Man findet sie daher in vielen grösseren Messing- und Bronzegiessereien, welche nur in getrockneten Formen giessen; und in Eisengiessereien legt man bisweilen die Masse- und Lehmformerei in ein Local, die Sandformerei und Giesserei in ein zweites, obschon allerdings für eine solche Trennung weniger Veranlassung vorliegt.

Die Trockenkammern liegen in solchen Fällen zwischen dem Formereilocale und dem Giessraume, gewöhnlich wie in Fig. 258 angeordnet.

In Giessereien, welche grösstentheils in grünem Sande formen, dabei aber viele getrocknete Kerne gebrauchen, trennt man häufig die Kernmacherei von der Formerei, legt die Kernmacherei neben die Trockenkammern, die Formerei neben die Schmelzapparate und lässt die Trocken-

kammern mit beiden Localen in Verbindung. Wenn man sich in Fig. 258 im Raume *a* die Formerei und Giesserei vereinigt, den Raum *c*

Fig. 258.




aber für Anfertigung von Kernen benutzt denkt, so erhält man ein Bild dieser Einrichtung.

Die Schmelzapparate legt man so, dass sie von keinem Punkte des Giessraumes unverhältnissmässig weit entfernt bleiben. Am einfachsten würde nun zwar diese Aufgabe gelöst werden, wenn man die Schmelzapparate in die Mitte der Giesserei verlegte, zugleich würde aber viel Platz dadurch in Anspruch genommen und das Begichten der Oefen ungemein erschwert werden. Man legt deshalb die Oefen lieber an die Umfassungswände und zwar gewöhnlich in die Mitte einer der längeren Seiten des Gebäudes.

In grösseren Tiegelgiessereien empfiehlt es sich, die Tiegelschmelzöfen vertieft anzulegen, oder, wo dieses nicht angeht, den Fussboden des Giesslocals so viel über die Sohle des Erdbodens zu erhöhen, dass derselbe mit der Oberkante der Schmelzöfen in einer Horizontalebene liegt. Dadurch wird das Herausnehmen der Tiegel wesentlich erleichtert. Um nun aber die Wartung der tiefer liegenden Roste, das Herausschaffen der Aschen und Schlacken u. s. w. durch diese Einrichtung nicht zu erschweren, verbindet man die Aschenfälle sämmtlicher Oefen mit überwölbten Räumen von solcher Höhe, dass ein Arbeiter sich bequem darin bewegen und von hier jeden einzelnen Rost überwachen kann. Die Abbildungen Fig. 259, 260 und 261 (a. f. S.), eine engliche Gussstahlgiesserei mit Schachttiegelöfen darstellend [1]), können zur Erläuterung hierfür dienen. *a a* sind die Schmelzöfen, in zwei Reihen angeordnet. Jeder derselben hat seine eigene Esse, und die sämmtlichen Essen einer Ofenreihe sind, wie aus Fig. 261 ersichtlich ist, durch ein gemeinschaftliches Rauhgemäuer umgeben. Zwei Hauptgewölbe laufen unterhalb der Hüttensohle in der Richtung der Ofenreihen und von diesen aus führt je ein kleines Seitengewölbe nach jedem Aschenfalle.

Einfacher kann bei Tiegelflammöfen die Einrichtung sein, weil für die gleiche Anzahl Tiegel hier weniger Rosten zu bedienen sind; und

---

[1]) Vergl. Percy, Metallurgy: Iron and Steel, London 1864.

Fig. 259.

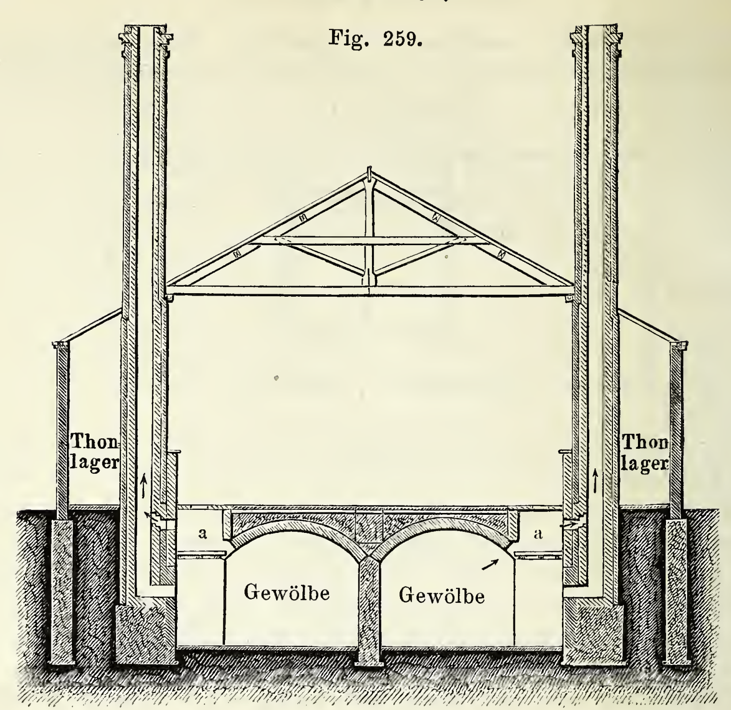



Fig. 260.

Koksmagazin

Tiegelraum

Mischraum

A

B

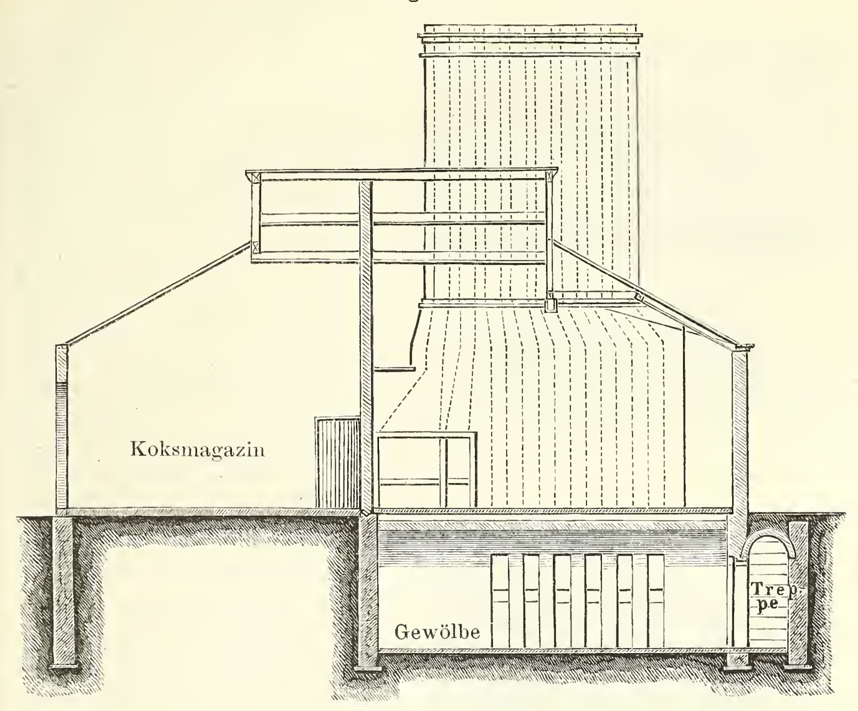
Thonmagazin

Thonmagazin

Tiegelloch

wenn man Gasfeuerung für dieselben verwendet, so legt man gern die Gasgeneratoren noch etwas tiefer als die Oefen, um das Zuströmen der Gase nach den Oefen zu erleichtern.

Fig. 261.




Bei Aufstellung von Herdflammöfen (zum Schmelzen ohne Tiegel) muss das Schürloch und die Einsetzthür, bei Cupolöfen die Gichtbühne von aussen her leicht zugänglich und zu bedienen sein, um nicht das Herbeischaffen der Materialien durch das Arbeitslocal hindurch bewirken zu müssen.

Es ist deshalb zweckmässig, wenn man diese letztgenannten Oefen ausserhalb des eigentlichen Giesslocals aufstellt und nur diejenige Seite derselben, an welcher der Abstich befindlich ist, durch eine überwölbte Oeffnung der Umfassungsmauer des Gebäudes mit dem Innern desselben in directe Verbindung setzt, wie es in Fig. 262 (a. f. S.) für eine Flammofenanlage (Staffordshireofen) und in Fig. 263 und 264 für eine Cupolofenanlage skizzirt ist.

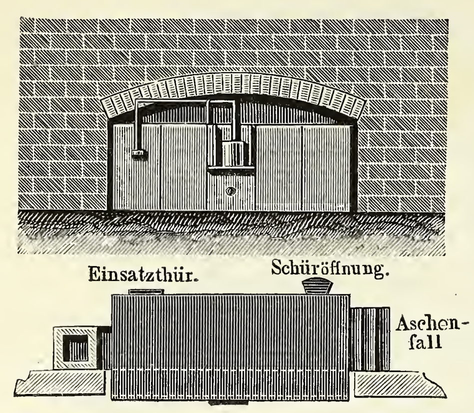
Um die beim Aufgeben der Schmelzmaterialien beschäftigten Arbeiter — besonders bei Cupolöfen, wo sie viele Stunden die Gichtbühne

---

[1]) Ueber eine derartige Anlage mit Regenerativfeuerung siehe Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens S. 649 ff.

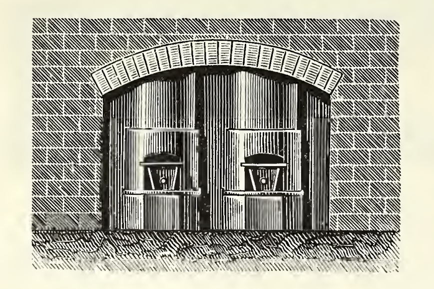
nicht verlassen dürfen — vor Regen und Wind zu schützen, umgiebt man gewöhnlich den oder die Cupolöfen mit einem besonderen Gebäude, welches sich an das Hauptgebäude anschliesst und in welchem dann die Gichtbühne nebst Gichtaufzug befindlich sind (Fig. 264).

Fig. 262.



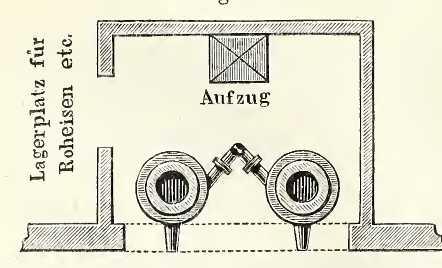

In den meisten grösseren Giessereien macht sich die Aufstellung verschiedener Maschinen erforderlich. Hierher zählen die Zerkleinerungsmaschinen für die Formmaterialien, Gebläsemaschinen für die Cupolöfen, und als Motor für dieselben gewöhnlich eine Dampfmaschine nebst Kessel, welche zugleich zum Betriebe des Gichtaufzuges, vorhandener Dampfkrahnen u. s. w. benutzt zu werden pflegt. Für die Aufstellung dieser Maschinen empfiehlt sich die Anlage besonderer Räumlichkeiten, von den Arbeitslocalen der Giesserei und Formerei getrennt.

Fig. 263.



Vor Allem darf die Betriebsdampfmaschine niemals in der Giesserei (beziehentlich Formerei) selbst aufgestellt werden, wo sie durch den in diesem Raume stets herrschenden Staub sehr bald empfindlich leiden würde. In Rücksicht auf die nachtheilige Wirkung dieses Staubes auf die Betriebsmaschine unterlässt man es auch besser, eine Verbindung zwischen Giesserei und Maschinenraum durch eine Thür herzustellen, sondern verlegt den Eingang zu letzterm lediglich nach aussen. Die Gebläsemaschine dagegen kann in dem Dampfmaschinenraume ihren Platz erhalten, und es ist diese Einrichtung der leichtern Ueberwachung halber sogar zweckmässig; alle übrigen maschinellen Vorrichtungen aber, insbesondere die zum Zerkleineren der Materialien be-

Fig. 264.



stimmten, müssen ausserhalb der Maschinenstube aufgestellt und durch eine Transmission von der Dampfmaschine aus betrieben werden.

Ist die Giesserei zum Gusse von so grossen Gegenständen bestimmt, dass die Aufstellung eines oder mehrerer Krahne erforderlich wird, so übt dieser Umstand einen erheblichen Einfluss auf die Construction des Gebäudes aus.

Die Seitenmauern desselben, die Balkenlagen, müssen stark genug sein, den Druck aufzunehmen, den der Krahn auf die einen oder anderen ausübt.

Ueber die Vortheile und Nachtheile der stabilen Drehkrahne im Vergleiche mit denen der Laufkrahne (Brückenwinden) wurde schon früher (S. 60) das Erforderliche mitgetheilt.

Bei Anwendung einer Brückenwinde kann entweder die Aufgabe vorliegen, den ganzen Raum der Giesserei oder nur einen Theil derselben von der Winde bedienen zu lassen. Im erstern Falle verstärkt man die Seitenwände des Gebäudes bis zu der Höhe der Laufebene und lässt das Fahrgerüst des Krahns auf den durch diese Verstärkung gebildeten und mit eisernen Laufschienen belegten Vorsprüngen laufen. Um hierbei einen möglichst grossen Flächenraum durch den Krahn bedienen zu lassen, ohne die Spannweite des Fahrgerüstes allzu sehr erhöhen zu müssen — wodurch seine Anlagekosten sich beträchtlich vertheuern würden —, giebt man dem Grundrisse des Gebäudes gewöhnlich eine langgestreckte Gestalt.

Soll nur ein Theil der Giesserei durch den Laufkrahn bedient werden, so pflegt man das Gebäude zu verbreitern, das Fahrgerüst mit einer oder auch mit beiden Seiten auf schmiedeeiserne Träger zu stellen, welche von Säulen gestützt werden, und auf solche Weise das Gebäude durch jene Säulenreihen in zwei oder drei Längsschiffe zu zerlegen, von denen eins (bei drei Schiffen das mittlere) von der Brückenwinde bedient wird (siehe Fig. 265 a. f. S.).

Bei einer solchen Theilung des Arbeitsraumes in mehrere Schiffe erhält derselbe gewöhnlich eine beträchtliche Breite, und es entsteht die Aufgabe, dem mittlern, von den Fenstern in den Umfassungswänden ziemlich weit entfernten Theile das nöthige Licht zu verschaffen. Man erreicht diesen Zweck entweder durch die Anbringung von Dachfenstern oder durch eine mit Seitenfenstern versehene Erhöhung des mittleren Theils des Dachs, eine sogenannte Laterne.

Dachfenster besitzen eine Reihe von Uebelständen, welche ihre Anwendung nicht gerade räthlich erscheinen lassen. Hierher gehört die Schwierigkeit, eine vollständig dichte Verbindung zwischen dem Dache und den Fenstern sowie zwischen den einzelnen Scheiben der letzteren herzustellen; die häufige Zertrümmerung der Scheiben bei Sturm durch umhergeschleuderte losgerissene Theile der Dachbekleidung, die Nothwendigkeit, bei Schneefall die Dachfenster von dem darauf liegenden Schnee zu befreien, wenn sie ihre Bestimmung erfüllen sollen. Man zieht daher die Anbringung einer Laterne mit senkrechten Fenstern im

Allgemeinen vor. Die Dachconstruction kann in diesem Falle eine sehr mannigfaltige sein. Als Beispiel hierfür kann die schon früher mitgetheilte und in Fig. 265 wiederholte Durchschnittszeichnung der Eisen-

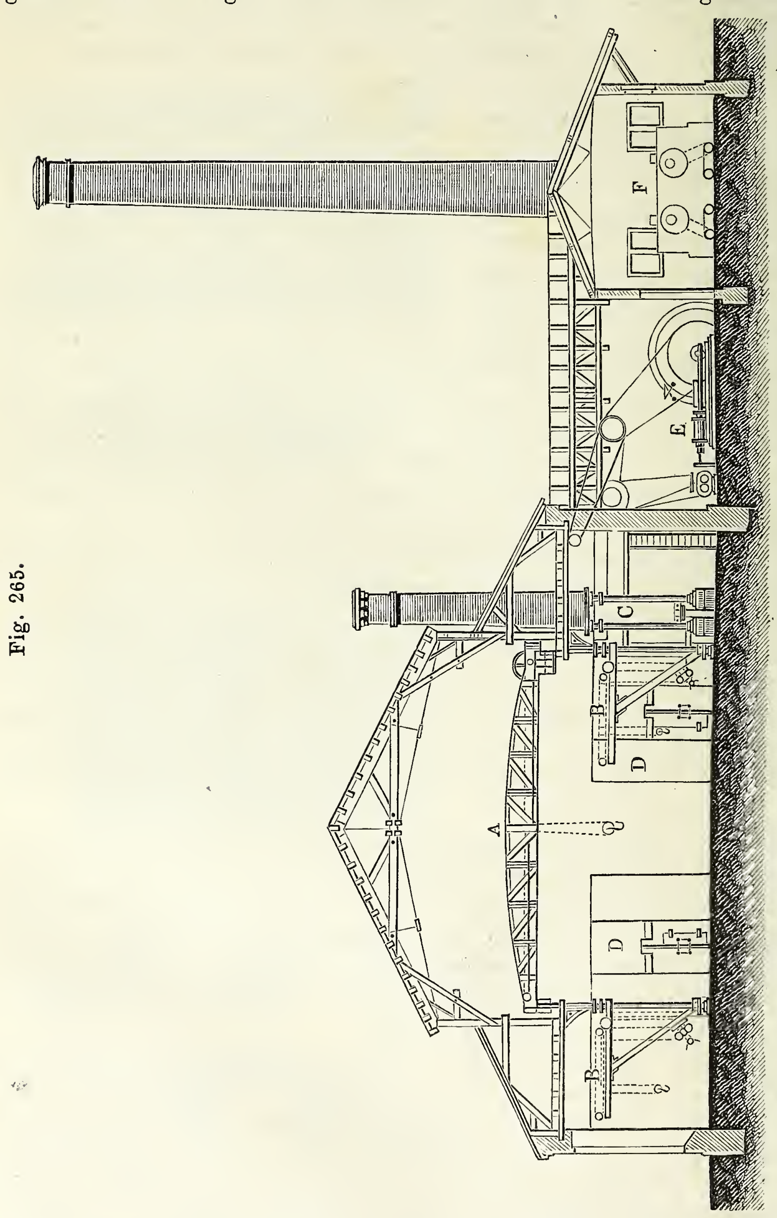


Fig. 265.

giesserei der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik dienen. Das Dach des Mittelschiffs wird hier von zwei Säulenreihen getragen, an welche die Pultdächer der beiden Seitenschiffe gelehnt sind. Die Zwischenräume

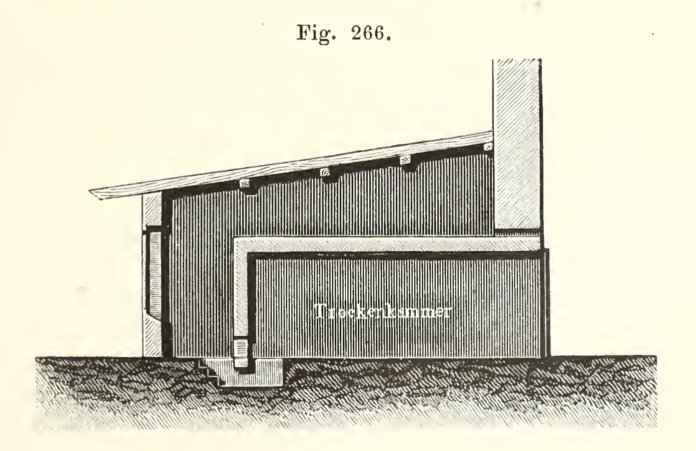
zwischen den einzelnen Säulen oberhalb jener Seitendächer sind durch Fenster geschlossen, durch welche das Licht in das Mittelschiff fällt. Macht man diese Fenster um senkrechte Achsen drehbar und von einer Bühne aus zugänglich, so ist dadurch eine vortreffliche Gelegenheit zur Ventilation des ganzen Raums gegeben, welche in Rücksicht auf die beim Giessen sich entwickelnden Gase und Dämpfe oft dringend nöthig ist.

Zur weitern Erläuterung der gegebenen Abbildung mögen folgende Notizen dienen. Die Länge der Formerei und Giesshalle ist im Lichten 150 Meter, die Breite des Mittelschiffs ist 16,50 Meter, jedes Seitenschiffs 5,75 Meter, also totale Breite des Gebäudes im Lichten 28 Meter. Jede Säulenreihe enthält 16 Säulen. *C* sind die Cupolöfen, von denen vier neben einander in der Mitte der Länge des Gebäudes aufgestellt sind. *D D* sind Trockenkammern, deren Specialzeichnung schon früher (Fig. 166 bis 168 auf S. 181 und 182) gegeben wurde. *E* ist die Betriebsdampfmaschine nebst Roots'schem Gebläse, *F* der Dampfkessel. Die Zerkleinerungsmaschinen für Sand und Kohlen befinden sich auf der Bühne oberhalb des rechten Seitenschiffs, welche von den unteren Säulen und der Umfassungswand getragen wird, und von der ein Theil zugleich als Gichtbühne für die Cupolöfen dient; die Hinaufbeförderung geschieht durch einen mechanischen Aufzug, die zerkleinerten Materialien werden, wie schon früher beschrieben wurde, durch Lutten zum Trocknen auf die Decke der Trockenkammern oder direct in den Giessereiraum befördert.

Da bei Giessereien, welche mit Krahnen (oder Brückenwinden) arbeiten, sich die Anlagekosten des Gebäudes durch die grössere Höhe und weniger einfache Dachconstruction erheblich steigern, so ist es im Allgemeinen Regel, in diesem Falle alle sonstigen für die Giesserei erforderlichen Apparate, Maschinen und dergleichen in besondere Baulichkeiten zu verlegen, welche einfacher construirt und deshalb billiger aufgeführt werden können als die eigentliche Formerei und Giesshalle.

So z. B. lassen sich Trockenkammern in der Weise anlegen, dass

Fig. 266.



ihre Thür nach der Formerei zu mündet, die Kammer selbst aber ausserhalb derselben liegt und durch einen besondern leichten Ueberbau vor der Abkühlung von aussen geschützt ist (Fig. 266).

Gebraucht man Dammgruben, so legt man dieselben gern in der Nähe der Schmelzöfen an, um das flüssige Metall unmittelbar aus diesen nach der in der Dammgrube eingegrabenen Gussform hinleiten zu können.

Giessereien, welche besonderen Specialitäten gewidmet sind, können dementsprechend mit besonderen eigenthümlichen Einrichtungen versehen sein. So z. B. die modernen Giessereien für Röhrenguss, von welchen unten in dem speciellen Theile die Rede sein wird.

---

Literatur (beziehentlich Abbildungen ausgeführter Anlagen).

Wiebe, Maschinenbaumaterialien, S. 525.

Dürre, Handbuch, Bd. II, S. 861.

Funk, die Georgs-Marienhütte bei Osnabrück. Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereins in Hannover, Bd. VII, S. 321, Abbildungen der Giesserei, Taf. 506 und 508.

Ledebur, Skizzen für die Anlage und Einrichtung von Eisengiessereien. Berg- und Hüttenmännische Zeitung, Jahrgang 1871, S. 197 ff.

Wiebe, Skizzenbuch etc., Berlin 159. Heft IX (königl. Geschützgiesserei in Spandau).

Zeichnungen der Hütte, Jahrgang 1868, Taf. 1 a und b; Jahrgang 1874, Taf. 2 a und b.

---

# II. Die Formgebung im ungeschmolzenen Zustande durch äussere Kräfte.

## 1. Arbeitseigenschaften der Metalle und Legirungen hinsichtlich ihrer Formveränderung durch äussere Kräfte.

### A. Dehnbarkeit und Zähigkeit.

Unter der Einwirkung einer äussern Kraft auf einen festen Körper wird stets eine momentane, wenn auch oft unmerkliche, Formveränderung desselben hervorgerufen. Dieser Vorgang lässt sich nach den Theorien der Physik folgendermaassen erklären.

Jeder Körper besteht aus einer Anzahl kleinster Theilchen — Atome — welche sich bei festen Körpern in bestimmter gegenseitiger Lage zu einander befinden. Diese Atome sind in ihren Eigenschaften und ihrer Form unveränderlich. Dieselben berühren sich aber nicht gegenseitig, sondern ein jedes derselben ist von einer Hülle eines unwägbaren Stoffs umgeben, welchen man Aether nennt. Zwischen den einzelnen Atomen ist eine gegenseitige Anziehungskraft wirksam, welche Cohäsionskraft genannt wird und den Zusammenhang des Körpers bedingt; sie hört auf, wenn zwei Atome über eine bestimmte Grenze hinaus von einander entfernt werden; es tritt dann Bruch oder Zerreissung ein. Zwischen den einzelnen Aetherhüllen findet dagegen das Bestreben gegenseitiger Abstossung statt, durch welches erst ein Gleichgewichtszustand in dem Körper hergestellt und es verhindert wird, dass durch die ununterbrochen thätige Cohäsionskraft eine fortschreitende Verdichtung des Körpers eintrete. Diese gegenseitig wirkenden anziehenden und abstossenden Kräfte nennt man Molecularkräfte, und das Atom sammt seiner Aetherhülle Molecül. Wenn nun auf den durch diese gegenseitige Ausgleichung der Molecularkräfte im Gleichgewichtszustande befindlichen Körper eine dritte äussere Kraft wirkt, so wird jenes Gleichgewicht gestört; es tritt

eine Näherung oder Entfernung einzelner Atome und dadurch eine Veränderung der Form des Körpers ein. Der Widerstand gegen diese Formveränderung wächst mit dem Fortschreiten derselben, so dass auch unter der Einwirkung jener Kraft sich bald ein Gleichgewichtszustand herstellt, so lange dieselbe ein gewisses Maass nicht überschreitet. Diesen Gleichgewichtszustand sehen wir z. B. bei allen Belastungen entstehen, welche der Tragkraft des belasteten Körpers entsprechen; es tritt eine Zusammendrückung, Durchbiegung oder Verlängerung des letztern ein, welche so lange fortschreitet, bis der wachsende Widerstand gleich dem ausgeübten Drucke oder Zuge ist. Wenn also die thätige Kraft jenes erwähnte Maass nicht überschreitet, so nimmt der Körper seine ursprüngliche Form wieder an, sobald die Kraft aufhört, thätig zu sein. Diese Eigenschaft der Körper nennen wir bekanntlich Elasticität. Ist aber die Kraft grösser als jenes Maass, so tritt eine bleibende Aenderung in der Lage der Molecüle gegen einander, also gewissermaassen eine Verschiebung derselben ein, welche beim Aufhören der Kraft nicht wieder verschwindet; es entsteht eine bleibende Formveränderung. Das Maass der Kraft, über welches hinaus dieser Vorgang sich zeigt, ist die Elasticitätsgrenze.

Steigert die Kraft sich noch mehr, so wird schliesslich die Cohäsionskraft überwunden, der Zusammenhang des Körpers hört auf, es tritt Bruch oder Zerreissung ein. Der Festigkeitsmodul des Körpers giebt uns das Maass der Kraft für diesen letztern Vorgang. Derselbe wird auch ohne Steigerung der Kraftintensität fast immer eintreten, wenn eine und dieselbe Kraft, welche ausreichend ist eine bleibende Formveränderung hervorzurufen, anhaltend auf den Körper wirkt. Denn da der Widerstand des Körpers gegen diese bleibende Formveränderung nicht in einem dem Fortschreiten derselben entsprechenden Maasse zunimmt, und da mit jeder solchen Formveränderung unter Einwirkung einer äussern Kraft nothwendigerweise auch eine Verdünnung wenigstens eines Querschnitts des Körpers verbunden ist, so muss mit zunehmender Querschnittsverkleinerung und gleichbleibender Kraft die Trennung erfolgen. Daher die wichtige Regel, bei Constructionstheilen niemals einen Körper auf seine Widerstandsfähigkeit über die Elasticitätsgrenze hinaus in Anspruch zu nehmen.

Jene Eigenschaft der Körper, unter Einwirkung einer Kraft von bestimmter Intensität eine bleibende Formveränderung anzunehmen, ist die Dehnbarkeit. Da, wie soeben schon hervorgehoben wurde, bei jeder solcher Formveränderung eine Querschnittsverdünnung stattfindet, so giebt die Abmessung des geringsten Querschnitts, auf welchen sich ein Körper verdünnen lässt, ohne seinen Zusammenhang zu verlieren, gewissermaassen einen Maassstab für die Dehnbarkeit desselben.

Verwandt mit der Dehnbarkeit ist die Zähigkeit. Wir verstehen unter diesem Ausdrucke das Maass des Widerstandes, welchen ein Körper, nachdem die Elasticitätsgrenze überschritten ist, der

Trennung entgegensetzt. Der Gegensatz der Zähigkeit ist die Sprödigkeit. Man misst die Zähigkeit gewöhnlich durch Hin- und Herbiegen eines an einem Ende eingespannten Stabes von bestimmtem Querschnitte; je mehr Biegungen derselbe erträgt, ohne zu zerbrechen, desto grösser ist seine Zähigkeit.

Die Einwirkung der erwähnten formverändernden Kräfte auf einen Körper kann in mehrfacher Weise erfolgen. Denkt man sich von zwei neben einander befindlichen Molecülen des Körpers das eine festliegend, während auf das andere eine Kraft in der Richtung der durch die Schwerpunkte beider Molecüle gelegten geraden Linie in solcher Weise wirkt, dass eine Entfernung beziehentlich Trennung der Molecüle in der angegebenen Richtung erfolgen muss, so entsteht Zug, und der Körper setzt der Trennung der Molecüle seine Zugfestigkeit, Zerrreissungsfestigkeit oder absolute Festigkeit entgegen [1]).

Wirkt die Kraft in derselben Linie, aber umgekehrter Richtung, also dem ersten Molecüle zustrebend, so wird eine Näherung der Molecüle bewirkt, es entsteht Druck und der Körper setzt einer Trennung (welche übrigens in diesem Falle niemals direct, sondern nur in Folge einer seitlichen Verschiebung der gedrückten Molecüle erfolgen kann) seine Druck- oder rückwirkende Festigkeit entgegen [2]).

Wirkt eine Kraft auf das eine Molecül in tangentialer Richtung gegen die durch die Schwerpunkte gelegte, als Halbmesser gedachte, Linie, während das andere Molecül als festliegend gedacht wird, so erfolgt Verschiebung ohne Entfernung der Molecüle: Biegung. Bei der Einwirkung einer solchen Kraft auf ein Aggregat von Molecülen, als welches wir uns jeden festen Körper denken müssen, werden jedoch nur die in der sogenannten neutralen Faser befindlichen Molecüle in dieser Weise in Anspruch genommen, während zu beiden Seiten dieser neutralen Faser die Kraft sich zerlegt, auf der einen Seite zerreissend, auf der andern drückend wirkt. Die Festigkeit, mit welcher ein Körper der Trennung durch Biegung widersteht, heisst Biegungs- oder relative Festigkeit.

Wirkt diese Kraft nicht tangential, sondern normal gegen die Schwerpunktslinie, ändert sie also nicht ihre Richtung bei eintretender Verschiebung der Molecüle, so erfolgt eine Entfernung der letzteren, beziehentlich Trennung, durch Abscheerung (Abscheerungsfestigkeit).

Wirkt endlich die Kraft in solcher Weise, dass sie das eine Molecül um eine Linie zu drehen sich bestrebt, welche den Schwerpunkt des festliegenden Molecüls schneidet, das bewegliche tangirt, so tritt Verdrehung oder Torsion ein (Torsionsfestigkeit).

---

[1]) Statt eines festliegenden Molecüls und einer auf ein zweites Molecül wirkenden Kraft kann man auch zwei in gleicher Linie aber entgegengesetzter Richtung thätige Kräfte annehmen, von denen auf jedes Molecül eine wirkt.

[2]) Wie ad 1.

Bei der rohen Formgebung kommen vorwiegend die beiden ersteren Fälle, bei der Vollendung der Form die drei letzteren in Betracht.

Aus der eben gegebenen Erklärung des Begriffs „Dehnbarkeit“ und „Zähigkeit“ folgt, dass beide Eigenschaften in dem Augenblicke beginnen, wo unter Einwirkung einer Kraft die Elasticitätsgrenze überschritten wird; dass ihre Wirkung erschöpft ist, wenn Trennung erfolgt, dass also, wenn man bei einem Körper für beide Vorgänge Zahlenwerthe kennt, die Differenz derselben ein Maass für die Zähigkeit und auch wenigstens einen wichtigen Factor für die Dehnbarkeit abgiebt. Denn je grösser jene Differenz ist, desto weniger Gefahr ist vorhanden, dass bei der Formveränderung eine Trennung eintrete, und mit desto grösserer Beschleunigung kann dieselbe vorgenommen werden. Die Dehnbarkeit ist hier gewissermaassen die Folge der Zähigkeit. Für die erstere muss aber noch die Fähigkeit des Körpers hinzutreten, eine möglichst grosse bleibende Verdünnung der Querschnitte unter entsprechender Ausdehnung der Länge — Strecken genannt — zu ertragen. Diese Fähigkeit wird durch mehrere Umstände beeinflusst. Hierher gehört zunächst die Beschaffenheit des Gefüges. Ein Metall mit grob krystallinischem Gefüge wird im Allgemeinen weniger geeignet sein, starke Verdünnungen zu ertragen, als ein fein krystallinisches; ein sehniges Metall, z. B. sehniges Schmiedeeisen, weniger als körniges (Feinkorneisen, Stahl). Aber auch die Reinheit des Gefüges von mechanisch eingelagerten fremden Körpern ist von hoher Wichtigkeit für die Dehnbarkeit. Denn da der Querschnitt jener fremden Körper bei der fortschreitenden Verkleinerung des Metallstück-Querschnitts unverändert bleibt, so wächst mit dieser Verkleinerung die Benachtheiligung der Festigkeit; und als extremsten Fall kann man sich die Verkleinerung soweit fortgeschritten denken, dass der unverändert gebliebene Querschnitt des fremden Körpers gleich dem verdünnten Querschnitte des Metallstücks ist, er also den Zusammenhang völlig unmöglich macht. Jedenfalls wird schon weit früher in Folge der verringerten Festigkeit Trennung erfolgen. Solche fremde Körper sind Schlackenpartikelchen, Oxydationsproducte, Kohlenstückchen und dergleichen. Aber auch Hohlräume — entstanden durch Gasblasen oder in Folge der Schwindung — können ähnlich wirken. Denn wenn auch der Querschnitt dieser Hohlräume sich mit der fortschreitenden Querschnittsverdünnung des Metallstücks gleichfalls verkleinert, so beeinträchtigen sie die Festigkeit in dem Verhältnisse ihres eigenen Querschnitts zu dem totalen; und ein völliges Verschwinden tritt nicht immer ein.

Hieraus folgt, dass die Art der Metalldarstellung und die etwa schon vorausgegangene Verarbeitung durch Giessen von nicht geringem Einflusse auf die Dehnbarkeit ist. Je mehr das Arbeitsverfahren bei diesen vorausgegangenen Arbeiten die Abscheidung fremder Stoffe gestattet, und je freier von Hohlräumen das Metall aus dem meistens stattgehabten Giessprocesse hervorging, desto grösser ist im Allgemeinen seine Dehnbarkeit. Daher finden wir, dass durch jeden Process, welcher eine solche

Abscheidung fremder Körper mit sich bringt, die Dehnbarkeit gesteigert wird; und dass nur solche Metalle den höchsten Grad der Dehnbarkeit besitzen, deren Preis ihre Darstellung in grösster Reinheit gestattet (Gold, Silber); dass aber auch bei dem vorausgehenden Giessen die Dehnbarkeit durch solche Kunstgriffe erhöht werden kann, welche die Bildung von Hohlräumen verhüten (Anwendung eines verlorenen Kopfes; Giessen unter Druck, beim Neusilber Giessen in grossen Blöcken, die man in kleinere zertheilt, weil grössere erstarrende Metallmassen aus naheliegenden Gründen relativ weniger Gasblasen suspendirt behalten als kleinere, u. s. f.).

Da für die Elasticität und Festigkeit der Körper ganz verschiedene Werthe entfallen, je nachdem dieselben durch Zug oder Druck in Anspruch genommen werden, so ist auch die Zähigkeit und Dehnbarkeit für beide Fälle eine verschiedene. Im Allgemeinen ist die Dehnbarkeit der Metalle grösser bei Druck als bei Zug, und es liegt diese Thatsache zum Theil darin begründet, weil auch die Druckfestigkeit eine grössere als die Zerreissungsfestigkeit ist.

So einfach es nun auch auf den ersten Blick erscheinen mag, durch Gegenüberstellung der Zahlenwerthe für Elasticitätsgrenze und Festigkeitsmodul der Metalle Resultate für die Zähigkeit derselben aufzustellen, so erhebliche Schwierigkeiten stellen sich doch einer solchen genauen Berechnung entgegen. Denn, wie schon im ersten Abschnitte erwähnt wurde, liegt die Festigkeit eines und desselben Metalls oft zwischen sehr weiten Grenzen und ist nicht allein von chemischen und mechanischen Beimengungen, sondern auch von der vorausgegangenen Bearbeitung abhängig. Noch grösser zeigt sich der Einfluss dieser letzteren auf die Elasticitätsgrenze der Metalle; wie unten ausführlicher erwähnt werden soll, steigt die Elasticitätsgrenze fast immer mit fortschreitender Formveränderung durch äussere Kraft und fällt wieder, wenn der bearbeitete Körper einer Erhitzung ausgesetzt wird.

W e r t h e i m hat über die Elasticitätsgrenze und Zerreissungsfestigkeit einzelner Metalle Versuche mit Drähten von 1 Millimeter Durchmesser angestellt, deren Ergebnisse in der folgenden Tabelle angegeben sind und denen wir die Differenzwerthe gegenübergestellt haben. Die Versuche wurden sowohl mit frisch gezogenen als mit solchen Drähten angestellt, welche nach der Verarbeitung zuvor erhitzt (angelassen) worden waren.

| | | Elasticitäts-grenze Kilogramm | Gewicht beim Zerreissen Kilogramm | Differenz Kilogramm |
|---|---|---|---|---|
| Blei ....... | gezogen | 0,25 | 2,07 | 1,82 |
| | angelassen | 0,20 | 1,80 | 1,60 |
| Zinn ...... | gezogen | 0,45 | 2,45 | 2,00 |
| | angelassen | 0,20 | 1,70 | 1,50 |
| Gold ...... | gezogen | 13,50 | 27,00 | 13,50 |
| | angelassen | 3,00 | 10,08 | 7,08 |
| Silber ..... | gezogen | 11,25 | 29,00 | 17,75 |
| | angelassen | 2,75 | 16,02 | 13,27 |
| Zink ...... | gezogen | 0,75 | 12,80 | 12,05 |
| | angelassen | 1,00 | — | — |
| Kupfer..... | gezogen | 12,00 | 40,30 | 28,30 |
| | angelassen | 3,00 | 30,54 | 27,54 |
| Platin ..... | gezogen | 26,00 | 34,10 | 8,10 |
| | angelassen | 14,50 | 23,50 | 9,00 |
| Schmiedeeisen | gezogen | 32,50 | 61,10 | 28,60 |
| | angelassen | 5,00 | 46,88 | 41,88 |
| Gussstahl ... | gezogen | 55,6 | 80,00 | 24,40 |
| | angelassen | 5,0 | 65,75 | 60,75 |
| Stahldraht .. | gezogen | 42,50 | 70,00 | 27,50 |
| | angelassen | 15,00 | 40,00 | 25,00 |

Hiernach besitzen angelassene Drähte aus Gussstahl und Schmiedeeisen die bedeutendste Zähigkeit bei der Wirkung durch Zug, ein Ergebniss, welches den Erfahrungen der Praxis entspricht, während manche andere der gefundenen Verhältnisszahlen kaum durchaus stichhaltig sein dürften. Man darf jedoch nicht vergessen, dass diese Werthe nur für Inanspruchnahme durch Zugkraft Geltung haben können, und dass bei der oben erwähnten Prüfung der Zähigkeit durch Biegen vollständig andere Werthe in Rechnung treten müssen.

Für die Zerreissungsfestigkeit von 1 Millimeter starken Drähten giebt auch Karmarsch Werthe[1]), welche jedoch von den oben mitgetheilten erheblich abweichen, ein Beweis, wie schwierig es ist, zu nur annähernd übereinstimmenden Resultaten zu gelangen.

Künzel misst die Zähigkeit der Metalle (insbesondere der Bronze) durch die Grösse der bleibenden Ausdehnung, welche das Metall erträgt, ohne zu zerreissen[2]). Auch auf diesem Wege lassen sich aber nur solche Metalle vergleichen, deren vorausgegangene Bearbeitung eine ganz

---

[1]) Karmarsch, Mechanische Technologie, 5. Auflage, S. 196.
[2]) Künzel, Ueber Bronzelegirungen, S. 28.

gleiche war, und der Auffindung zuverlässiger Durchschnittswerthe für alle Metalle stellen sich hier die nämlichen Schwierigkeiten entgegen als der Berechnung aus Elasticitätsgrenze und Festigkeit.

Noch weniger lässt sich durch Rechnung oder einzelne Versuche die Dehnbarkeit ermitteln, bei welcher noch die oben erwähnten Nebenumstände mitwirken. Nur eine grosse Anzahl von Beobachtungen wird im Stande sein, die Aufstellung einer annähernd richtigen Stufenleiter der Dehnbarkeit der Metalle zu ermöglichen.

Unter Benutzung einer solchen von Percy gegebenen Stufenleiter [1]) sind in folgender Tabelle die wichtigeren Metalle und Legirungen ihrer abnehmenden Dehnbarkeit entsprechend geordnet:

| Dehnbar durch Stoss und Druck (Hämmern, Pressen, Walzen): | Dehnbar durch Zug: |
|---|---|
| Gold, | Gold, |
| Silber, | Silber, |
| Kupfer, | Platin, |
| Aluminium, | Aluminium, |
| Phosphorbronze (?), | Phosphorbronze, |
| Messing und Tomback, mit einem Zinkgehalte bis etwa 30 Proc. | Feinkorneisen und Stahl, |
| Neusilber, | Messing und Tomback, mit einem Zinkgehalte bis 30 Proc. |
| Zinn, | Neusilber, |
| Platin, | Kupfer, |
| Blei, | Nickel (?), |
| Feinkorneisen und Stahl, | Sehniges Schmiedeeisen, |
| Zink, | Gewöhnliche Bronze, mit höchstens 6 Proc. Zinn, |
| Gewöhnliche Bronze, mit einem Zinngehalte bis 6 Proc. | Zink, |
| Sehniges Schmiedeeisen, | Zinn, |
| Nickel. | Blei. |

## Einfluss der Temperatur auf die Dehnbarkeit.

Wenn ein Metall erwärmt wird, so verändert sich dadurch seine Elasticität und seine Festigkeit, und zwar findet fast immer eine Verringerung des Maasses beider Eigenschaften statt. Gewöhnlich wird aber die eine derselben in stärkerm Maasse als die andere durch die Erhitzung beeinflusst, und demzufolge ändert sich alsdann auch die Dehnbarkeit. Wenn die Elasticität in stärkerm Maasse geschwächt wird als die Festigkeit, so wird die Dehnbarkeit gesteigert; im umgekehrten Falle nimmt die Dehnbarkeit ab. Wenn schliesslich die Erhitzung bis zu einem solchen Grade gesteigert wird, dass Schmelzung eintritt, so verschwinden beide Eigenschaften ganz.

---

[1]) Percy-Knapp, Metallurgie, Band I, Seite 8.

Viele Metalle nehmen bei der Erhitzung an Dehnbarkeit zu. Hierher gehören im Allgemeinen Schmiedeeisen und Stahl, Kupfer, Messing mit 35 bis 40 Proc. Zink, Bronzen u. a. Beim Zink nimmt die Dehnbarkeit beim Erwärmen bis auf 150° C. zu, dann aber rasch ab und ist bei 200° soweit verschwunden, dass es sich durch Stossen in Pulver verwandeln lässt. Man nennt solche Metalle, welche in der Kälte spröde, in der Wärme dehnbar sind, kaltbrüchig und die betreffende Eigenschaft Kaltbruch; solche Metalle dagegen, deren Dehnbarkeit bei der Erwärmung, insbesondere bei Rothgluht, verschwindet, rothbrüchig und die betreffende Eigenschaft Rothbruch.

Bisweilen übt eine rasche Abkühlung des auf eine bestimmte Temperatur erhitzten Metalls (z. B. durch Eintauchen in kaltes Wasser) bemerkenswerthe Einflüsse auf die Dehnbarkeit aus. Stahl verliert dadurch an Dehnbarkeit, Bronze nimmt an Dehnbarkeit zu. Bei dem erstern liegt der Grund für die Abnahme der Dehnbarkeit höchstwahrscheinlich in dem Umstande, dass Kohlenstoff bei plötzlicher Abkühlung chemisch gebunden bleibt, wie wir es früher auch bei plötzlicher Abkühlung flüssigen Gusseisens gesehen haben, das Kohlenstoffeisen aber spröde, undehnbar ist; bei der Bronze beruht die Zunahme der Dehnbarkeit durch plötzliche Abkühlung auf der verhinderten Saigerung, durch welche zinnreichere spröde Legirungen sich selbstständig ausscheiden und dadurch die Gleichmässigkeit der Zusammensetzung und somit auch die Dehnbarkeit des Ganzen beeinträchtigen.

Aehnlich wie die Bronze, doch in schwächerm Maasse soll sich auch Kupfer verhalten, wohl in Folge des Umstandes, dass das Gefüge bei rascher Abkühlung ein feinkörnigeres wird.

### Einflüsse chemischer Beimengungen auf die Dehnbarkeit.

Diese Einflüsse sind ungemein zahlreich und nur bei wenigen Metallen in annähernd vollständiger Weise erforscht worden. Oft genügen sehr geringe Beimengungen eines fremden Körpers, erhebliche Aenderungen hervorzurufen; und nicht selten ist der Fall, dass diese Einflüsse wieder vollständig geändert, auch wohl ganz aufgehoben werden, wenn ein zweiter fremder Körper zu dem ersten hinzutritt.

Welche Einflüsse beim Eisen durch den Kohlenstoffgehalt hervorgerufen werden, ergiebt sich schon aus der früher gegebenen Nomenclatur als Gusseisen, Stahl und Schmiedeeisen, unterschieden durch das Maass des Kohlenstoffgehalts, und aus den über die Dehnbarkeit dieser Körper gegebenen Mittheilungen. Während das kohlenstoffreiche Roheisen gar nicht dehnbar ist, wächst im Allgemeinen die Verarbeitungsfähigkeit durch Zug- und Druckkräfte mit abnehmendem Kohlenstoffgehalte; d. h. während eine Veränderung der Form und eine Verdünnung der Querschnitte, so lange die letztere nicht ein gewisses Maass übersteigt, am leichtesten bei den kohlenstoffärmsten Eisensorten

in höherer Temperatur ausführbar ist, gelingt die Verdünnung auf die kleinsten Querschnitte nur bei den Eisensorten mit mittlerm Kohlenstoffgehalte (Stahl und Feinkorneisen) in weniger hoher Temperatur, weshalb wir diese in der obigen Stufenleiter der Dehnbarkeit auch dem kohlenstoffärmern Eisen (sehniges Schmiedeeisen) vorangestellt haben.

Ein Phosphorgehalt macht das Eisen kaltbrüchig, d. h. verringert die Festigkeit in der Kälte. Nach Styffe steigert sich durch den Phosphorgehalt die Elasticitätsgrenze; die Folge beider Einwirkungen ist die Abnahme der Zähigkeit und Dehnbarkeit, welche durch praktische Erfahrungen vielfach bestätigt wird. Nach Åkerman liegen bei phosphorreichem Eisen Elasticitätsgrenze und Festigkeit oft so nahe bei einander, dass das Eisen schon in dem Augenblicke bricht, wo die Elasticitätsgrenze überschritten ist.

In mässiger Glühhitze verliert sich dagegen diese Einwirkung des Phosphorgehalts und die Dehnbarkeit nimmt durch einen mässigen Phosphorgehalt eher zu als ab.

Der erwähnte Einfluss des Phosphors wächst mit steigendem Kohlenstoffgehalte, so dass ein weniger hoch gekohltes Eisen mit demselben Phosphorgehalte noch völlig brauchbar sein kann, welcher es bei höherm Kohlenstoffgehalte völlig unbenutzbar macht [1]). Ein geringer Mangangehalt scheint den Einfluss des Phosphors abzuschwächen.

Ein Schwefelgehalt macht das Eisen rothbrüchig, verringert aber die Festigkeit in der Kälte weniger. Der Einfluss ist am stärksten in dunkler Rothgluth, weniger stark in höherer wie in niedrigerer Temperatur. Schon ein Gehalt von 0,01 Proc. Schwefel übt einen merkbaren Einfluss in dieser Hinsicht und ein Eisen mit 0,05 Proc. ist in den meisten Fällen kaum noch verarbeitbar, wenn die Verarbeitung bis zur dunkeln Rothgluht fortgesetzt wird, wohl aber in heller Rothgluht, wo nach Åkerman ein Schwefelgehalt von selbst 0,1 Proc. noch unschädlich wirken kann.

Silicium verringert die Festigkeit, dadurch auch die Dehnbarkeit in der Kälte und in höherm Maasse in der Wärme. Nach Mrázek wirkt ein Mangangehalt des Eisens diesen nachtheiligen Einflüssen des Siliciums entgegen, so dass ein Eisen selbst mit mehr als 1 Proc. Silicium noch bearbeitbar sein kann, wenn es daneben noch entsprechende Mengen von Mangan enthält.

Nach Gautier hat ein Mangangehalt von 1 bis 1,4 Proc. ausser den soeben erwähnten, die nachtheiligen Einflüsse von Phosphor und Silicium, vielleicht auch des Schwefels, abschwächenden Einwirkungen bei kohlenstoffarmen Eisensorten eine Erhöhung der Elasticität und Festigkeit zur Folge, ohne die Dehnbarkeit zu benachtheiligen, giebt also dem

[1]) Ein kohlenstoffärmeres Eisen erträgt bisweilen einen Phosphorgehalt bis zu 0,75 Proc., während ein kohlenstoffreicheres schon durch einen Phosphorgehalt von 0,06 Proc. unbenutzbar werden kann.

kohlenstoffärmern Eisen ähnliche Eigenschaften als in gewöhnlichen Fällen ein gesteigerter Kohlenstoffgehalt[1]).

Ueber die Einflüsse, welche fremde Körper auf die Dehnbarkeit des Kupfers ausüben, sind von Hampe eingehende und lehrreiche Untersuchungen angestellt worden[2]).

Hiernach verringert ein Gehalt von Kupferoxydul von 0,45 Proc. (entsprechend 0,05 Proc. Sauerstoff) die Zähigkeit des reinen Kupfers merklich, nicht aber die Dehnbarkeit (?). Bei 0,90 Proc. Kupferoxydul (0,10 Proc. Sauerstoff) wird die Dehnbarkeit in der Kälte verringert, weniger in der Rothgluth. Bei 2,25 Proc. Kupferoxydul (0,25 Proc. Sauerstoff) im reinen Kupfer ist die Dehnbarkeit in der Kälte merklich verringert; und erst bei 6,70 Proc. Kupferoxydul zeigte sich entschiedener Rothbruch.

Während man früher annahm (Karsten, Percy u. A.), dass metallisches Arsen schon bei einem Gehalte von 0,15 Proc. die Dehnbarkeit des Kupfers in der Kälte und noch mehr in der Wärme benachtheilige, erhöht nach Hampe ein Arsengehalt von 0,55 Proc. sogar die Zähigkeit und Dehnbarkeit in der Kälte, sobald es im metallischen Zustande vorhanden ist, und erst bei einem Gehalte von 1 Proc. zeigt sich Rothbruch und Abnahme der Dehnbarkeit in der Kälte. Im oxydirten Zustande dagegen macht das Arsen als arsensaures Kupferoxydul schon bei 0,55 Proc. Arsen (entsprechend 2 Proc. arsensaurem Kupferoxydul) das Kupfer zur Verarbeitung in der Kälte unbrauchbar, in der Rothgluth schwer bearbeitbar.

Ein Gehalt von Antimon übt ähnliche Einflüsse als Arsen; d. h. metallisches Antimon erhöht in geringen Mengen die Dehnbarkeit, während antimonsaures Kupferoxydul sie benachtheiligt, jedoch in geringerm Maasse als die arsensaure Verbindung.

Blei übt auf die Dehnbarkeit des Kupfers höchst nachtheilige Einflüsse und beeinträchtigt dieselbe in höherer Temperatur mehr noch als in niedriger. Ein Gehalt von 0,4 Proc. Blei macht schon das Kupfer bei allen Temperaturen schwer verarbeitbar, während nach Hampe dieselbe Menge Blei im oxydirten Zustande weit weniger nachtheilig wirkt.

Ein Gehalt an Wismuth im metallischen Zustande beeinträchtigt in den kleinsten Mengen die Dehnbarkeit des Kupfers in nachtheiligster Weise, mehr in der Wärme als in der Kälte. Schon bei 0,05 Proc. Wismuth zeigt sich deutlicher Rothbruch, bei 0,1 Proc. ist das Kupfer in der Hitze unbearbeitbar, in der Kälte nur noch wenig dehnbar. Weniger schädlich wirkt das oxydirte Wismuth, und eine gleichzeitige Anwesenheit von Antimon schwächt gleichfalls, so lange beide Metalle im

---

[1]) Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Jahrgang 1876, Seite 380.

[2]) Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate, Band 22, Seite 94 ff.

metallischen Zustande vorhanden sind, die nachtheiligen Einflüsse des Wismuths merklich ab, viel beträchtlicher aber, wenn eine Verbindung als antimonsaures Wismuthoxyd entstanden ist, wobei selbst Mengen von 0,2 Proc. dieses Salzes (enthaltend 0,06 Proc. Wismuth) kaum verändernd auf die Eigenschaften des Kupfers einwirken.

Zinn unter 1 Proc. beeinflusst die Dehnbarkeit des Kupfers nicht merklich, wohl aber bei steigendem Gehalte, weshalb die Bronzen weniger dehnbar als Kupfer sind. Ein Zinngehalt, welcher 6 Proc. übersteigt, benimmt der Bronze in Folge der Steigerung der Elasticität die Dehnbarkeit in der Kälte fast vollständig, in der Rothgluth bleibt sie verarbeitbar bis zu einem Zinngehalte von 15 Proc. Erst wenn der Zinngehalt bis über 50 Proc. steigt, zeigt sich wieder etwas Dehnbarkeit, jedoch, da bei diesem hohem Zinngehalte nunmehr mit der Elasticität auch die Festigkeit abnimmt, in geringerm Grade als bei den zinnärmeren Bronzen.

Kupferoxydul und Zinnoxyd beeinträchtigen die Zähigkeit der Bronze, Phosphor erhöht sie in beträchtlichem Maasse in Folge der Reduction der genannten Oxyde. Zufolge der durch Künzel mitgetheilten, in der Versuchsanstalt von D. Kirkaldy in London angestellten Zerreissungsversuche wurde bei Anwendung alter oxydreicher Bronze, welche einem Schmelzprocesse unterworfen wurde, die Zähigheit derselben durch Polen um 40 Proc., durch Phosphorzusatz um 240 Proc. erhöht [1]).

Blei verringert die Zähigkeit und Dehnbarkeit der Kupferzinnlegirungen in ähnlicher Weise wie die des reinen Kupfers; Arsen und Antimon sollen nach Künzel schon in Mengen unter 0,19 Proc. den gleichen Erfolg haben, wahrscheinlich ist es nach Hampe's oben mitgetheilten Ermittelungen über die Einwirkungen dieser Metalle auf das reine Kupfer, dass auch hier ihre Oxyde nachtheiliger wirken als die metallischen Körper. Dadurch wäre gleichzeitig ein neuer Grund für die wohlthätige Wirkung des reducirenden Phosphorzusatzes gefunden.

Zink bis zu 20 Proc. dem Kupfer zugesetzt (Tomback) benachtheiligt die Dehnbarkeit desselben in der Kälte weniger als das Zinn, wohl aber in der Wärme. Bei mehr als 20 Proc. Zink nimmt die Dehnbarkeit in der Kälte ab, bei 35 bis 40 Proc. Zink verringert sich dagegen nach Karmarsch der Rothbruch, und das Metall ist in der Kälte wie in der Wärme verarbeitbar (schmiedbares Messing); bei mehr als 25 Proc. Zink verliert sich die Dehnbarkeit in allen Temperaturen, und erst bei einem Zinkgehalte von mehr als 90 Proc. nähert sich das Verhalten der Legirung mehr und mehr demjenigen des reinen Zinks.

Kupferoxydul, Blei, Zinn, Arsen, Wismuth, Antimon wirken den allgemeinen darüber gemachten Erfahrungen zufolge ähnlich auf die Kupferzinklegirungen als auf reines Kupfer, eingehende Untersuchungen

---

[1]) Künzel, op. cit. p. 30.

darüber wurden bislang nicht angestellt. Ein Zusatz von Zink zur Bronze erhöht nach Künzel Festigkeit und Elasticität derselben, so lange derselbe weniger als 2 Proc. beträgt; in grösseren Mengen aber verringert derselbe die Zähigkeit in beträchtlichem Maasse.

Nickel, zum Kupfer oder zu den Kupferzinklegirungen gesetzt, scheint in ähnlicher Weise wie das Zink allein die Dehnbarkeit des Kupfers zu beeinflussen, bei gleichen Gewichtsmengen aber in geringerm Maasse. Ausreichende Ermittelungen liegen auch hierüber nicht vor.

Die Zähigkeit und Dehnbarkeit des Goldes und Silbers wird durch Legirung mit anderen Metallen, inbesondere mit Kupfer, im Allgemeinen verringert, und dieser Zusatz wird nur angewendet, um die Giessbarkeit und die Widerstandsfähigkeit zu erhöhen, häufig auch zur Verringerung des Preises.

Ein Zusatz von Eisen benachtheiligt die Dehnbarkeit der meisten Metalle und Legirungen.

### Einfluss der mechanischen Verarbeitung auf die Zähigkeit und Dehnbarkeit.

Bei vielen Metallen steigert sich, wenn durch Zug- oder Druckkräfte eine Veränderung ihrer Form, insbesondere eine Verdünnung der Querschnitte hervorgerufen wird, die Elasticität und die Festigkeit, die erstere aber in höherm Grade und rascher als die letztere. Die Folge davon ist, dass die Zähigkeit und Dehnbarkeit mit fortschreitender Formveränderung abnimmt, und dass schliesslich ein Punkt eintritt, wo Elasticitätsgrenze und Festigkeitsmodul annähernd gleich sind, die Dehnbarkeit also verschwunden ist. Je niedriger die Temperatur des Metalls bei der Verarbeitung ist, desto rascher geht diese Abnahme der Dehnbarkeit vor sich.

Das Metall würde demnach in diesem Zustande ohne Weiteres unverarbeitbar sein, wenn uns nicht glücklicherweise die Erfahrung ein Mittel an die Hand gegeben hätte, ihm die frühere Dehnbarkeit — häufig sogar eine grössere — zurückzugeben. Erhitzt man nämlich das durch die Verarbeitung spröde gewordene Metall, so wird dadurch die Elasticität auf ihr ursprüngliches Maass zurückgeführt; die Festigkeit wird gleichfalls verringert, bleibt aber meistens höher als sie vor der Formveränderung war, mithin ist durch diese Erhitzung die ursprüngliche Zähigkeit entweder wieder hergestellt oder noch gesteigert worden.

Interessant ist die Beobachtung, dass oft schon ein längeres ruhiges Liegen des bearbeiteten Metalls ohne Erhitzung ausreicht, ihm einen Theil seiner Sprödigkeit zu nehmen. Wenn Eisendraht gezogen ist, so besitzt er unmittelbar darauf bisweilen eine solche Sprödigkeit, dass er schon bricht, wenn man ihn mit freien Händen unter einem stumpfen Winkel biegt. Derselbe Draht nach mehrwöchentlichem ruhigen Liegen lässt sich oft ganz zusammenbiegen ohne zu brechen. Die beim Ziehen des Drahts durch eine enge Oeffnung zusammengepressten Eisentheilchen

nehmen offenbar bei längerm Liegen mehr und mehr ihre normale Lage wieder an, und damit verliert sich mehr und mehr die sogenannte Spannsprödigkeit [1]).

Jene Eigenschaft, durch fortgesetzte Verarbeitung an Dehnbarkeit zu verlieren, kommt fast allen Metallen zu. Vorwiegend ist dieselbe erkennbar beim Stahl und Schmiedeeisen, beim Kupfer, bei der Bronze, beim Tomback und Messing, beim Neusilber, beim Golde und Silber, und, zwar um so mehr, je reichlicher die letzteren mit Kupfer legirt sind. Bei dem Zink steigt die Festigkeit bei der Verarbeitung annähernd gleichmässig mit der Elasticität und macht dadurch ein Erhitzen (Ausglühen) während der Verarbeitung unnöthig, dagegen findet dasselbe nach der Verarbeitung statt, wodurch die Elasticität mehr als die Festigkeit verringert, die Zähigkeit also gesteigert wird.

Beim Zinn und Blei findet eine Abnahme der Dehnbarkeit durch die Verarbeitung nicht in solchem Grade statt, dass eine Erhitzung nöthig würde.

## B. Härte.

Unter diesem Ausdrucke verstehen wir im Allgemeinen das Maass des Widerstandes, welchen ein Körper einer bleibenden Aenderung in der Lagerung seiner Molecüle entgegensetzt. Daher nennt man Härte ebensowohl den Widerstand, welchen ein Körper dem Eindringen eines andern entgegensetzt — so beim Schneiden, Sägen, Bohren, Feilen —, als auch den Widerstand gegen eine bleibende Formveränderung durch Druck- oder Zugkräfte.

Wirken zwei Körper von verschiedenem Härtegrade auf einander, so wird am meisten der weniger harte Körper in seiner Form geändert. Die Aenderung ist um so beträchtlicher, je grösser der Unterschied in dem Härtegrade beider Körper und je grösser die einwirkende Kraft ist.

Die Härte ist häufig der Elasticitätsgrenze der Körper proportional, so dass Körper, deren Elasticitätsgrenze hoch liegt, auch bedeutende Härte zeigen. Liegen in diesem Falle auch die Elasticitätsgrenze und Festigkeit nahe bei einander, so ist der Körper hart und spröde, z. B. weisses Roheisen, liegt dagegen, wie z. B. beim geglühten Stahle, zwischen Elasticitätsgrenze und Festigkeit noch ein grosser Zwischenraum, so ist der Körper hart und zäh.

Aus dieser Erklärung des Begriffs „Härte“ folgt, dass die Kraftwirkung, welche zur Hervorbringung einer bleibenden Formveränderung aufgewendet werden muss, in gleichem Verhältnisse zu der Härte des Körpers steht. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet ist die Härte eines Körpers für die Verarbeitung desselben durch Druck oder Stoss

---

1) Jahrbuch der Bergakademien zu Leoben, Pribram und Schemnitz, Band XXII, Seite 179 (Tunner).

von nicht geringer Wichtigkeit. Eine Platte Blei auf die Hälfte ihrer Stärke zusammenzudrücken und dadurch in ihrer Flächenausdehnung entsprechend zu vergrössern, erfordert einen geringern Kraftaufwand als derselbe Vorgang mit einer Platte Kupfer; denn das Blei ist weniger hart als Kupfer, es setzt der Formveränderung einen geringern Widerstand entgegen.

Die Härte des Metalls ändert sich mit der Temperatur. Alle Metalle, deren Uebergang in den flüssigen Zustand nicht plötzlich, sondern allmälig stattfindet, z. B. Schmiedeeisen und Stahl, verlieren in steigender Temperatur mehr und mehr ihre Härte, werden völlig weich und beginnen endlich zu fliessen. Es geht hier die Härteabnahme mit der Verringerung der Elasticität Hand in Hand. Im flüssigen Zustande ist die Härte gleich Null. Auch bei manchen Metallen, welche plötzlich schmelzen, nimmt die Härte mit der steigenden Temperatur ab, jedoch pflegt in diesen Fällen die Härteabnahme weit weniger allmälig und bis gegen den Schmelzpunkt gering zu sein, wo dann eine plötzliche Aenderung in dem Härtegrade eintritt.

Je allmäliger demnach der Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand der Metalle stattfindet, in einen desto weichern, bildsamern Zustand lässt sich das Metall versetzen. Beim Eisen sinkt der Schmelzpunkt und der Uebergang tritt um so plötzlicher ein, je mehr der Kohlenstoffgehalt zunimmt, daher lässt sich kohlenstoffarmes Schmiedeeisen in einen weichern Zustand versetzen und erfordert in diesem Zustande einen geringern Kraftaufwand zur Verarbeitung als der kohlenstoffreichere Stahl.

### Einfluss chemischer Beimengungen auf die Härte.

Wie die Dehnbarkeit, so wird auch die Härte durch einen Gehalt an fremden Körpern erheblich beeinflusst. Während aber die Dehnbarkeit unter dem Einflusse dieser fremden Körper häufiger geschwächt als vergrössert wird, nimmt umgekehrt die Härte durch fremde Bestandtheile häufiger zu, als ab; und nicht selten ist der Fall, dass man absichtlich zur Erhöhung der Härte und dadurch der Widerstandsfähigkeit Metalle mit anderen legirt, wenn auch auf Kosten ihrer Dehnbarkeit.

Bei dem schmiedbaren Eisen steigt, wie erwähnt, die Härte mit dem Kohlenstoffgehalte, deshalb ist Stahl härter als Schmiedeeisen. Auch ein Siliciumgehalt macht das Eisen härter. Zur Hervorbringung von ausnahmsweise grossen Härtegraden legirt man den Gussstahl in neuerer Zeit mit geringeren Mengen Chrom oder Wolfram (Chrom bis 2 Proc., Wolfram bis 8 Proc.), z. B. wenn es sich darum handelt, Werkzeugstahl zur Bearbeitung sehr harter Körper hervorzubringen.

Auf dem Umstande, dass beim schmiedbaren Eisen die Härte mit dem Kohlenstoffgehalte steigt, beruht das Verfahren der Oberflächenhärtung oder Einsatzhärtung. Gegenstände, z. B. Werkzeuge,

welche nur an der Oberfläche hart werden sollen, werden mit Holzkohle oder noch besser mit Körpern, welche neben Kohle auch Stickstoff enthalten — thierische Kohle, Hornspähne, auch Blutlaugensalz als Zusatz —, in Blechkästen eingesetzt, Theile der Oberfläche, welche nicht gehärtet werden sollen, zuvor mit Thon überstrichen, und das Ganze nunmehr in einem Holzkohlen- oder Koksfeuer zur hellen Rothgluth erhitzt. Es tritt ein Cementationsprocess ein, in Folge dessen das geglühte Eisenstück an der Oberfläche kohlenstoffreicher und dadurch härter wird. Es wird dann glühend herausgenommen und in Wasser abgelöscht.

Solche Einsatzhärtung kann aus mancherlei Ursachen zweckmässig sein. Kohlenstoffarmes Eisen ist nicht allein billiger, sondern auch leichter verarbeitbar als kohlenstoffreicher Stahl, daher kann unter Umständen die Anfertigung in der beschriebenen Weise bequemer von Statten gehen als wenn der betreffende Gegenstand von vornherein aus härterm Stahle gefertigt würde. Vielfach liegt aber auch der Zweck vor, bei einem Gegenstande die geringere Sprödigkeit des kohlenstoffärmern Eisens mit der grössern Härte des kohlenstoffreichern zu vereinigen, welche letztere für viele Verwendungen nur an der Oberfläche vorhanden zu sein braucht, z. B. bei manchen Werkzeugen u. dergl.

Beim Kupfer steigert besonders ein Zusatz von Zinn die Härte in bedeutendem Grade.

Dem Golde und Silber giebt man durch Legirung mit Kupfer eine grössere Härte, dem Blei durch Zusatz von Antimon, dem Zinn durch Zusatz von Blei, Antimon oder Kupfer.

Geringe Mengen von Eisen erhöhen die Härte fast aller Metalle und Legirungen.

### Einfluss der mechanischen Verarbeitung auf die Härte.

In den meisten Fällen, wo durch die Verarbeitung die Elasticität eines Metalls gesteigert wird, wächst auch seine Härte, bei dem einen Metalle in stärkerm, bei dem andern in weniger merkbarem Grade. Durch Erhitzung geht auch diese Steigerung des Härtegrades wieder verloren; es folgt aber hieraus, dass bei der Bearbeitung durch Druck, Stoss oder Zug die Härte sich um so racher steigern wird, in je kälterm Zustande des Metalls die Bearbeitung stattfand.

Vorzugsweise wichtig und für die praktische Verwendung von Belang ist diese Härtesteigerung beim Stahle. Je kohlenstoffreicher derselbe ist, desto rascher nimmt die Härte mit der Elasticität bei der Verarbeitung zu. Selbst wenn die stattfindende Formveränderung eine kaum noch merkliche ist, lässt sich durch fortgesetzte Bearbeitung — insbesondere durch Hämmern — des Stahls im kalten Zustande eine bedeutende Steigerung jener genannten Eigenschaften hervorrufen. Bei Anfertigung von Stahlwaaren, welche neben grosser Härte auch grosse Elasticität besitzen sollen, findet daher dieses Mittel, den in seiner rohen

Form fertigen Gegenstand einer fortgesetzten Bearbeitung durch Hämmern im kalten Zustande zu unterwerfen, vielfache Anwendung, so bei der Darstellung von Federn, Sensen, Säbelklingen u. dergl.

Bei der Bronze wirkt der höhere Zinngehalt in ähnlicher Weise auf die Steigerung der Härte durch Verarbeitung im kalten Zustande wie beim Stahle der Kohlenstoff. Je höher der Zinngehalt ist, desto rascher nimmt die Härte der Bronze mit der Verarbeitung zu, und Bronzen mit mehr als 6 Proc. Zinn erlangen durch Hämmern sehr bald die Härte des Stahls. Bei diesen zinnreicheren Bronzen steigert sich aber durch die Verarbeitung die Festigkeit in weit schwächerm Maasse als die Elasticität und die Härte, und die Legirung wird um so schneller spröde, je grösser ihr Zinngehalt ist.

Eine praktische Verwendung findet die Härtezunahme der Bronze durch mechanische Formveränderung bei der Anfertigung der neueren Bronzegeschütze. In der Geschützgiesserei zu Lüttich werden die aus Phosphorbronze mit 5 Proc. Zinn gegossenen Geschütze durch Schmieden im kalten Zustande gehärtet, dann durch umgelegte glühende Eisenringe an der Aussenfläche auf 300 bis 360$^0$ erwärmt. Dadurch wird dem Metalle an dem Umfange seine Härte genommen und die gegen das Zerreissen schützende Zähigkeit wieder ertheilt, während in der weniger erwärmten Geschützseele die künstlich erzeugte grössere Härte als Schutz gegen Abnutzung zurückbleibt [1]). Bei der Anfertigung der sogenannten Stahlbronzegeschütze des General v. Uchatius in Wien wird das aus gewöhnlicher Bronze mit 8 Proc. Zinn in der auf S. 206 beschriebenen Weise gegossene und auf einen geringern als den eigentlichen Durchmesser ausgebohrte Geschütz durch auf einander folgendes Eintreiben von sechs Stahlkolben, deren Durchmesser jedesmal etwas grösser als bei dem vorausgegangenen Kolben genommen wird, allmälig bis auf den normalen Durchmesser erweitert. Das Durchpressen dieser Kolben geschieht mit einer starken hydraulischen Presse. Durch dieses Pressen wird die Härte der Bronze innerhalb der Geschützseele beträchtlich gesteigert, während das Metall an dem Umfange in weit unerheblicherm Grade beeinflusst wird und seine ursprüngliche Zähigkeit behält [2]).

### Einfluss racher Abkühlung auf die Härte.

Schon bei der Besprechung der Formgebung durch Giessen wurde mehrfach des Einflusses gedacht, welchen eine rasche Wärmeentziehung auf die Härte der gegossenen Metalle übt. Bei einigen steigert sich die Härte durch rasche Abkühlung in erheblichem Maasse — Gusseisen —, bei andern verringert sie sich.

---

[1]) Näheres hierüber: Künzel, op. cit., Seite 114 ff.

[2]) Vergleiche Dingler's polytechnisches Journal, Band 217, Seite 122; auch Künzel, op. cit., Seite 117.

Aehnliche Einflüsse zeigen sich bei den schmiedbaren Metallen, und unter diesen ist wieder der Stahl durch eine ausserordentlich grosse Empfindlichkeit gegen die Einflüsse der Abkühlung charakterisirt. Durch rasche Abkühlung, des auf eine Temperatur von ca. 500$^0$ C. erwärmten Stahls wird die Härte desselben gesteigert und zwar in um so höherm Grade, je reicher er an Kohlenstoff ist; durch Erwärmung des in solcher Weise gehärteten Stahls und langsame Abkühlung wird diese Härte wieder auf ihr früheres Maass zurückgeführt. Man nennt den in solcher Weise gehärteten Stahl glashart.

Diese Eigenschaft der Härtbarkeit bildet das hauptsächlichste Unterscheidungsmerkmal des Stahls von dem Schmiedeeisen, welches letzteres dieselbe nicht besitzt.

Während durch fortgesetzte Bearbeitung des Stahls im kalten Zustande neben der Härte auch Elasticität und Festigkeit in beträchtlichem Grade gesteigert werden, wächst durch rasche Abkühlung des heissen Stahls nur die Härte; die Festigkeit verringert sich, und nähert sich der Elasticitätsgrenze, der Elasticitätscoefficient — die erforderliche Kraft zur Hervorrufung einer vorüber gehenden Formveränderung — wächst, der Stahl wird äusserst spröde.

Diese durch das Härten erzeugte Sprödigkeit des Stahls ist jedenfalls zum Theile die Folge einer Spannung, d. h. unnatürlichen Lagerung der Molecüle, hervorgerufen durch die rasche Abkühlung und Zusammenziehung einzelner Theile, während andere, z. B. die inneren Theile eines Stahlkörpers, auf welche die Abkühlung erst allmälig wirken kann, langsamer erkalten.

Eine andere bisweilen eintretende Folge dieser ungleichmässigen Zusammenziehung beim Härten ist die Entstehung sogenannter Hartrisse oder Hartborsten an der Oberfläche, welche sogar mit der völligen Abtrennung einzelner Stückchen verbunden sein kann. Sehr häufig tritt auch ein Krummziehen, Werfen, als Folge ungleichmässiger Abkühlung ein, Vorgänge, die wir auch früher schon bei der Abkühlung der Metalle nach dem Giessen kennen gelernt haben.

Durch vorsichtiges Erwärmen — Anlassen — des gehärteten, glasharten Stahls lässt sich ihm jene übermässige Sprödigkeit, die ihn für die Verwendung unbrauchbar machen würde, nehmen, zugleich verschwindet aber auch ein Theil seiner Härte, und bei der Erwärmung bis zum Glühen und langsamer Abkühlung würden Härte und Sprödigkeit wieder verschwunden sein. Beschränkt man das Anlassen jedoch auf ein geringeres Maass, so hat man dadurch ein vortreffliches Mittel in der Hand, einen Stahl zu erlangen, der bei nicht zu grosser Sprödigkeit einen bestimmten Härtegrad — abhängig von der Temperatur beim Anlassen — besitzt. Für die Beurtheilung dieser Temperatur geben uns nun die an der Oberfläche des Stahls sich beim Anlassen bildenden Anlauffarben — durch eine geringe fortschreitende Oxydation der Oberfläche entstanden — ein bequemes Mittel an die Hand, obschon die

Temperatur, bei welcher jene Anlauffarben erscheinen, nicht bei allen Stahlsorten ganz genau übereinstimmt und man deshalb den Stahl erst in dieser Beziehung erproben muss. Zuerst erscheint die blassgelbe Farbe, wird dann dunkler, geht in Rothgelb und dann in Purpurroth über, dann folgt Violett, Hellblau, Dunkelblau, zuletzt Schwarzblau. Sodann wird der Stahl wieder hellgrau, kurz darauf treten die ersten Anlauffarben noch einmal in der nämlichen Reihenfolge, jedoch nur sehr vorübergehend auf, endlich beginnt das Glühen und der Stahl wird ganz weich. Nur die erste Reihenfolge der Anlauffarben wird jedoch zum Anlassen benutzt.

Folgende Tabelle giebt eine ungefähre Uebersicht über die für verschiedene Verwendungen des Stahls benutzten Temperaturen beim Anlassen und dabei sich zeigenden Anlauffarben:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 220° | Celsius | blassgelb . . . . . . | chirurgische Instrumente, |
| 230° | " | strohgelb . . . . . | Rasirmesser, Federmesser, Grabstichel, |
| 255° | " | braungelb (morgenroth) . . . | Scheeren und harte Meissel, |
| 265° | " | braun mit Purpurflecken . . . . . | Aexte, Hobeleisen, Messer, |
| 277° | " | purpurfarbig . . . | Tischmesser, |
| 288° | " | hellblau . . . . . . | Säbelklingen, Uhrfedern, |
| 293° | " | kornblumenblau . | feine Sägen, Rapiere, Bohrer, Dolche, |
| 316° | " | schwarzblau . . . . | Hand- und Stichsägen. |

Das Härten wie das Anlassen erfordern zur Erzielung eines guten Erfolgs Umsicht und mancherlei Kunstgriffe. Denn da Härtung überhaupt nur eintritt, wenn der Stahl über eine gewisse Temperatur erhitzt war (450 bis 500° C.) und rasch unter diese Temperatur abgekühlt wird; da aber die Härte zum grossen Theile von der Schnelligkeit der Abkühlung und diese wieder von verschiedenen Nebenumständen — Grösse des Stahlstücks, Wärmeleitungsfähigkeit und Temperatur der Abkühlungsflüssigkeit etc. etc. — abhängig ist, so folgt, dass ein zu hoch erhitzter Stahl sich schwierig, ein zu gering erhitzter Stahl sich gar nicht härten lassen wird, und dass das Maass der erfolgenden Härte ein sehr verschiedenes sein kann. Die geeignetste Temperatur, auf welche der zu härtende Stahl erhitzt werden muss, ist Kirschrothgluth, braunrothe Glühhitze erzeugt oft gar keine Härtung mehr, und eine Erhitzung auf eine noch geringere Temperatur hat oft den entgegengesetzten Erfolg als beabsichtigt war; der Stahl wird durch Anlassen weich.

Das gewöhnlichste Mittel zur Wärmeentziehung ist das Wasser, für geringere Härtegrade benutzt man Fette, Seife, Wachs oder dergleichen; für stärkere Härtungen Lösungen von Kochsalz, Salmiak und anderen Salzen in Wasser, durch welche man offenbar die Wärmeleitungsfähigkeit der Härtungsflüssigkeit erhöhen will.

Nach Jarolimek[1]) sind es ausser Temperatur und Wärmeleitungsfähigkeit auch die Wärmecapacität, Höhe des Siedepunkts und die latente Wärme der Abkühlungsflüssigkeit, welche den Grad der Härtung des Stahls beeinflussen. Benutzt man nun Wasser als Härtungsmittel und taucht den selbst nur auf 500$^0$ erhitzten Stahl hinein, so wird in unmittelbarer Nähe desselben in Folge der Wärmeeausstrahlung sofort eine ununterbrochene Dampfbildung eintreten, welche eine directe Berührung zwischen Stahl und flüssigem Wasser unmöglich macht, so dass eine Wärmeabgabe durch Leitung nicht, sondern nur durch Strahlung stattfinden kann. Hieraus folgt, dass die Härtung befördert wird, wenn die gebildeten Wasserdämpfe rasch abziehen können, um Gelegenheit zu neuer Dampfbildung zu geben, also durch rasches Fortbewegen des Stahls im Wasser und langsames Eintauchen, so dass nur die Oberfläche des Wassers in Berührung mit dem noch heissen Stahle gelangt.

Ein anderes Mittel ist die Anwendung eines Wasserstrahls, welcher durch ein Rohr mit Mundstück auf den darunter befindlichen Stahl gerichtet wird (Strahlhärtung), und wobei die sich bildenden Dämpfe durch den vordringenden Wasserstrahl mitgerissen werden.

Wendet man statt eines einzelnen stärkern Wasserstrahls eine Anzahl feiner aus einer Brause kommenden Strahlen an, so heisst die Methode Spritzhärtung. Hierbei bleibt der ganze Raum zwischen den Wasserfäden zum Entweichen des Dampfs offen. Da dieser Abflussraum um so grösser wird, je geringern Raum das zuströmende Wasser beansprucht, so folgt, dass zur Erzielung der grössten Härte die geringst zulässige Menge und zwar heisses Wasser anzuwenden ist, da kaltes langsamer verdampft, dadurch in der Nähe der heissen Fläche sich staut und die Wirkung abschwächt, dass aber auch zweitens ein hoher Druck des ausfliessenden Wassers Bedingung ist, damit die entstehenden etwas gepressten Dämpfe überwunden werden.

Ausser diesen von Jarolimek angeführten Gründen für die Wirkung der Strahlhärtung und Spritzhärtung dürfte nach Ueberzeugung des Verfassers auch der von Karmarsch angeführte, von Jarolimek bestrittene Umstand für jenen Erfolg von Bedeutung sein, dass bei beiden Härtungsmethoden eine augenblickliche directe Berührung der unter Druck zuströmenden frischen Wassermassen mit dem Stahle stattfindet.

Bei der Schwierigkeit, bei der Spritzhärtung dünne Strahlen mit hohem Drucke zu erzeugen, empfiehlt schliesslich Jarolimek Härten mit Wasserstaub durch einen der gebräuchlichen Zerstäubungsapparate, wodurch rasche Verdampfung und rasches Hinwegreissen der entstehenden Dämpfe bewirkt wird, so dass dadurch die Möglichkeit einer ausserordentlichen und — was jedenfalls noch wichtiger ist — einer sehr gleichmässigen Härte gegeben ist.

---

[1]) Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Jahrgang 1876, S. 69 ff. (Ueber das Härten des Stahls.)

Wenn es beim Anlassen darauf ankommt, eine recht gleichmässige Erwärmung des Stahls hervorzurufen, so taucht man ihn wohl, statt ihn, wie gewöhnlich, im Kohlenfeuer zu erhitzen, in ein Bad schmelzenden Metalls von bestimmtem Schmelzpunkte. Für die Temperatur von 220$^0$ (blassgelbe Anlauffarbe) benutzt man eine Legirung aus 7 Thln. Blei, 4 Thln. Zinn; für 230$^0$ (strohgelb) aus 8 Thln. Blei, 4 Thln. Zinn; für 255$^0$ (braungelb) aus 14 Thln. Blei, 4 Thln. Zinn; für 265$^0$ (braun mit Purpurflecken) aus 19 Thln. Blei, 4 Thln. Zinn; für 277$^0$ (purpurfarbig) aus 34 Thln. Blei, 4 Thln. Zinn; für 288$^0$ (hellblau) aus 48 Thln. Blei, 4 Thln. Zinn; für 293$^0$ (kornblumenblau) aus 50 Thln. Blei, 2 Thln. Zinn; für 316$^0$ (schwarzblau) aus Blei ohne Zusatz.

Um viele kleine Gegenstände, z. B. Stahlschreibfedern, mit einem Male anzulassen, erhitzt man sie auf einem Eisenbleche oder in einer um ihre Achse gedrehten Eisentrommel, bis sie die gewünschte Anlauffarbe erhalten haben.

Hat der Stahl eine bestimmte Wärme angenommen, so ist es unerlässlich, ihn sofort abzukühlen, damit nicht der Process des Anlassens weiter als beabsichtigt war fortschreitet; denn auch wenn der Stahl sofort von der Wärmequelle entfernt wird, verursacht doch die ihm noch innewohnende Wärme das Erscheinen der nächstfolgenden Anlauffarben, und der Stahl verliert mehr an Härte als beabsichtigt war. Er wird also abermals in Wasser abgekühlt. Eine nochmalige Härtung kann dadurch nicht eintreten, weil der Stahl in keinem Falle so hoch erhitzt war als erforderlich ist, um durch Wärmeentziehung Härtung hervorzurufen.

Jarolimek schlägt vor, zur Umgehung des Anlassens dem Stahle von vornherein eine geringere Härte zu geben,

erstens, indem er überhaupt langsam abgekühlt wird, oder

zweitens, indem er anfänglich bis auf 400$^0$ rasch, dann langsam gekühlt wird.

Diese letztere Wirkung soll man erhalten, wenn man den glühenden Stahl in ein Metallbad mit einem Schmelzpunkte unter 400$^0$ (z. B. Blei) eintaucht. Bei der grossen Wärmeleitungsfähigkeit des Metalls wird dem Stahle rasch so viel Wärme entzogen, dass er unter jene Grenztemperatur abgekühlt wird, mithin Härtung erfolgt, andererseits verhindert aber die hohe Temperatur des Härtungsmittels die Erhärtung bis zur Glashärte und bewirkt also gewissermaassen ein gleichzeitiges Anlassen.

In der Praxis haben jedoch diese Mittel, das Anlassen entbehrlich zu machen, sich bis jetzt kaum als durchaus zuverlässig bewährt, und wenn es auch in einem Experimente gelingt, in solcher Weise einen Stahl von gewünschten Eigenschaften zu erhalten, so dürfte doch in den meisten Fällen der Praxis der nur wenig umständlichere und immerhin zuverlässigere Weg des Anlassens vorzuziehen sein.

Es verdient noch Erwähnung, dass durch das Härten des Stahls das specifische Gewicht desselben verringert, das Volumen also vergrössert wird. Bei Gegenständen, die nach dem Härten genau vorgeschriebene

Abmessungen besitzen sollen, ist dieser Umstand beachtungswerth, denn man muss sie von vornherein um so viel kleiner machen, als die Zunahme des Volumens beim Härten beträgt. Diese Zunahme ist, wie auch die Härtung, nicht bei allen Stahlsorten die nämliche. Caron verminderte durch dreissig auf einander folgende Härtungen das specifische Gewicht von 7,817 auf 7,743, was einer Zunahme des Volumens von 0,95 Proc. entspricht; nach Riche's Versuchen verminderte sich das specifische Gewicht durchschnittlich von 7,841 auf 7,740, wobei also das Volumen um 1,30 Proc. sich vergrösserte [1]). Nach Karmarsch beträgt die Volumenvergrösserung 0,3 bis 4,16 Proc., nach den meisten Beobachtungen durchschnittlich 1,5 Proc., was den Ermittelungen von Riche annähernd entspricht. Die einzelnen Abmessungen des Arbeitsstücks würde man demnach bei der Anfertigung um durchschnittlich 0,5 Proc. oder $^1/_{200}$ kleiner zu nehmen haben als sie nach dem Härten werden sollen [2]).

Durch das Anlassen des gehärteten Stahls wird das specifische Gewicht wieder auf annähernd das ursprüngliche Maass zurückgeführt. Das specifische Gewicht der von Riche benutzten Stahlstäbe betrug nach dem Anlassen durchschnittlich 7,831.

Wie eine rasche Wärmeentziehung im glühenden Zustande bei der Bronze hinsichtlich der Dehnbarkeit den umgekehrten Erfolg hervorruft als beim Stahle, so auch hinsichtlich der Härte. Glühende Bronze im Wasser abgelöscht wird weicher. Man nennt daher in Rücksicht auf diese übereinstimmende Wirkung entgegengesetzter Verfahrungsweisen das Ablöschen der Bronze Anlassen. Das specifische Gewicht der Bronze vergrössert sich demgemäss bei rascher Abkühlung, und zwar bei den zinnreichen Bronzen stärker als bei den zinnärmeren Geschützbronzen, wo diese Wirkung des Ablöschens nur unerheblich ist.

### C. Schweissbarkeit und Adhäsionserscheinungen.

Sofern die Schweissbarkeit der Metalle ein Mittel ist, zwei oder mehrere in ihrer rohen Form bereits fertige Theile mit einander zu einem Ganzen zu verbinden, bildet sie eine Arbeitseigenschaft für die Vollendungsarbeiten, welche den Gegenstand des dritten Abschnitts dieses Buches bilden werden. Da aber auch bei der rohen Formgebung durch Druckkräfte nicht selten der Fall vorkommt, dass formlose Metallstücke — Abfälle bei anderen Arbeiten, Ausschussstücke und dergleichen — während der Formgebung selbst vermöge ihrer Schweissbarkeit zu einem Ganzen vereinigt werden, und da ferner bei der rohen Formgebung sogar Fälle vorkommen, wo Metalle verschiedener Art durch die Wirkung der Schweissbarkeit — es sei dieser Ausdruck auch für diesen Vorgang

---

[1]) Annales de Chimie et Physique, 4 série, t. XXX, p. 351; Dingler's Polytechnisches Journal, Band 213, Seite 348.

[2]) Vergleiche die Beziehungen zwischen linearen und cubischen Schwingungscoefficienten Seite 95.

gestattet, da leider eine genauere Bezeichnung der betreffenden Eigenschaft fehlt — zu einem Ganzen vereinigt werden, so ist es unerlässlich, die Besprechung dieser wichtigen Eigenschaft schon hier einzureihen.

Wie schon früher erwähnt, besteht zwischen den Atomen eines festen Körpers eine Anziehungskraft, welche den Zusammenhang des Körpers sichert und Cohäsionskraft genannt wird. Diese Cohäsionskraft verliert ihre Wirkung, wenn durch irgend eine äussere Ursache eine Entfernung der Atome von einander über ein gewisses Maass hinaus hervorgerufen wird, es tritt alsdann Bruch oder Zerreissung an der Stelle ein, wo diese Entfernung oder Trennung stattfand. Bei vielen — vielleicht bei allen Körpern — tritt aber die Cohäsionskraft wieder in Wirkung, wenn es möglich ist, zwischen den getrennten Atomen wieder eine Annäherung in gleichem Maasse herbeizuführen, als sie während des ungetheilten Zustandes bestand.

Es darf sich jedoch diese Annäherung nicht auf einzelne wenige Atome der getrennten Körper beschränken, sondern muss begreiflicherweise zwischen den sämmtlichen Atomen zweier sich berührenden Flächen eintreten, wenn die dadurch hervorgerufene Cohäsion wahrnehmbar und insbesondere, wenn sie derjenigen Cohäsion gleich werden soll, welche zwischen den Atomen des ungetheilten Körpers besteht.

Der Aufgabe, eine Annäherung in dem soeben beschriebenen Grade herbeizuführen, stellen sich jedoch mancherlei Schwierigkeiten entgegen, die in vielen Fällen unüberwindlich sind. Denn erstens ist dazu erforderlich, dass die zu vereinigenden Flächen mathematisch genau auf einander schliessen. Selbst wenn aber die zu vereinigenden Körper vorher aus einem Ganzen bestanden, welches durch äussere Kräfte getrennt wurde, findet ein solches genaues Aufeinanderschliessen nicht mehr statt; durch die trennende Kraft treten gleichzeitig Formveränderungen beider Theile ein, in den meisten Fällen sogar Entfernung kleiner Theilchen an der Trennungsfläche als Splitter oder Späne, und durch diese Vorgänge nehmen die Berührungflächen Gestaltungen an, welche nicht mehr genau einander entsprechen, wenn auch das Auge oft nicht im Stande ist, die Unterschiede wahrzunehmen.

Ein zweites Hinderniss für die erforderliche Annäherung der Atome sind die chemischen Aenderungen, die unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft vielfach an der Aussenfläche der Körper sich vollziehen. Vorzugsweise häufig werden unter allen Körpern die Metalle von dieser Einwirkung betroffen, und, wie auch früher besprochen wurde, sind es sehr wenige derselben, welche nicht von irgend einem constituirenden oder zufälligen Bestandtheile der atmosphärischen Luft chemisch beeinflusst werden. Sobald aber die Atome der Oberfläche eines Körpers in solcher Weise neue Gruppirung annehmen, müssen auch ihre Beziehungen zu den unverändert gebliebenen andere werden, und in allen Fällen bilden sie in ihrer neuen Gruppirung eine fremde Schicht, welche die Annäherung der zu vereinigenden Atome hindert.

Drittens ist es in einem hohen Grade wahrscheinlich, dass auch die Gashülle, mit welcher jeder feste Körper sich umgiebt, von welcher er an seiner Oberfläche gewisse Mengen verdichtet, erschwerend für die Annäherung der Atome wirkt. Eine solche Gashülle, besonders im verdichteten Zustande, muss genau so wirken und die Annäherung verhindern wie ein fremder anderer Körper, und nicht immer dürfte es möglich sein, diese Gashülle zu entfernen.

Das erstgenannte Hinderniss der Vereinigung würde in Wegfall kommen, wenn man im Stande wäre, zwei genau auf einander passende Flächen herzustellen. Am leichtesten würde dieses durch zwei vollständig ebene Flächen zu erreichen sein, aber selbst die mit dem höchsten Grade der Vollendung geschliffene Fläche irgend eines Körpers ist niemals mathematisch eben, sondern besitzt Erhöhungen und Vertiefungen, die sich mit unseren mechanischen Hülfsmitteln nicht mehr beseitigen lassen. Trotzdem tritt bei der Berührung sehr glatter Flächen gleichartiger Körper bisweilen schon wahrnehmbare Cohäsion ein. Legt man zwei Spiegelscheiben auf einander, so verbinden sie sich oft so fest, dass eine Trennung ohne Zerbrechen kaum möglich ist.

Ist der betreffende Körper jedoch durch Druck dehnbar genug — bildsam —, so hat man dadurch ein leichteres Mittel zur Herstellung zweier genau auf einander schliessender Flächen, indem man nämlich die beiden Hälften so fest auf einander drückt, dass die Berührungsstellen genau correspondirende Form annehmen. Zwei Stückchen Wachs oder Pech werden in dieser Weise mit einander verbunden. Zwei Stücke Blei, mit metallisch reiner Oberfläche auf einander gelegt und gehämmert, lassen sich gleichfalls verbinden. Die Verbindung wird natürlich unmöglich, wenn der betreffende Körper eher zerdrückt wird, als er eine entsprechende Formveränderung annimmt. Bei einigen Körpern ist es deshalb nöthig, sie durch Erhitzung zuvor in einen dehnbarern, bildsamern Zustand zu versetzen [1]). Hierher gehört Glas, welches sich bekanntlich in dem weichen Zustande, welchen eine starke Erhitzung hervorruft, sehr leicht verbinden lässt, unter den Metallen vorzugsweise das schmiedbare Eisen, auch Kupfer, Platin, Gold und andere. Je kohlenstoffärmer das Eisen ist, eine desto höhere Erhitzung erträgt es, in einen desto bildsamern Zustand lässt es sich versetzen, bevor Schmelzung eintritt. Deshalb ist kohlenstoffarmes Schmiedeeisen im Allgemeinen leichter schweissbar als kohlenstoffreicher Stahl. Ersteres wird am besten in heller Weissgluth geschweisst, letzterer in Rothgluth, welche um so dunkler ist, je höher der Kohlenstoffgehalt. Der kohlenstoffreichste Stahl — mit ca. 2 Proc. Kohlenstoff und darüber — ist nicht mehr oder doch nur noch mit grösster

[1]) Es darf wohl die Vermuthung ausgesprochen werden, dass diese Erhitzung neben der Veränderung des Aggregatzustandes auch auf die einschliessende verdichtete Gashülle des Körpers einwirkt, dieselbe verflüchtigt oder mindestens verdünnt und auch dadurch das Gelingen des Schweissens befördert.

Vorsicht schweissbar. Den Wärmegrad, bei welchem Schweissung des Eisens möglich ist, nennt man Schweisshitze. Platin erfordert stärkste Weissgluth um geschweisst zu werden, Kupfer, dessen Schweissung bisher der Schwierigkeit der Durchführung halber verhältnissmässig wenig Anwendung gefunden hat, jedenfalls helle Rothgluth.

Das zweite Hinderniss der Verbindung durch Schweissen — die Entstehung chemischer Verbindungen, meistens Oxydationsproducte an der Oberfläche — lässt sich bisweilen durch mechanische Reinigung der letzteren vermittelst Schabens, Feilens und dergleichen beseitigen. Schwieriger ist die Beseitigung, wenn die Metallstücke zu dem Zwecke der Vereinigung erhitzt werden müssen und diese Erhitzung einen neuen Oxydationsprocess hervorruft. Eisen, im erwärmten Zustande der atmosphärischen Luft ausgesetzt, überzieht sich augenblicklich mit einer Decke von Oxyduloxyd, Hammerschlag genannt, welche die Vereinigung hindert. Eine mechanische Reinigung der Oberfläche würde keinen Erfolg haben, weil der Ueberzug sich schon wieder gebildet haben würde, bevor die Vereinigung bewirkt werden kann. Die enstandenen Oxyde müssen deshalb aus der Fuge zwischen beiden Stücken herausgequetscht werden, während man die Stücke behuf ihrer Vereinigung an einander presst, so dass derselbe Druck, welcher die Verbindung bezweckt, auch die Entfernung jener Oxyde bewirkt, und der Zutritt atmosphärischer Luft zu der Verbindungsfuge völlig abgehalten ist. Damit jenes Herausquetschen möglich werde, müssen die gebildeten fremden Körper sich begreiflicher Weise in einem dünnflüssigen Zustande befinden, und von diesem Herausdrücken der eingelagerten Oxyde in Tropfenform rührt jedenfalls der Ausdruck Schweissen her. Eisenoxyduloxyd aber ist an und für sich schwer schmelzbar und dickflüssig. Man muss also vor der Vereinigung durch Bestreuen der Oberfläche mit einem geeigneten fremden Körper das Oxyduloxyd in eine Verbindung überführen, welche jene Eigenschaft der Leichtflüssigkeit besitzt. Diese zum Bestreuen der Oberfläche für den genannten Zweck benutzten Körper sind die sogenannten Schweisspulver. Das üblichste derselben ist feiner Quarzsand (Kieselsäure), mit den Eisenoxyden zu einem Silicate, einer wirklichen Schlacke, zusammenschmelzend. Statt der Kieselsäure wird auch Borsäure benutzt. Da die Schlacken aber um so leichter schmelzbar zu sein pflegen, eine je grössere Anzahl basischer Bestandtheile in ihnen neben einander vertreten sind, so fügt man ausser den genannten Säuren nicht selten dem Eisenoxyduloxyd noch eine zweite und dritte Base hinzu und benutzt hierzu Glas, Potasche, Kochsalz, Schwerspath, Flussspath, Braunstein, Borax und andere. Solche Zusätze sind besonders beim Schweissen des Stahls üblich in Rücksicht auf die niedrigere Schweisstemperatur desselben. Auch setzt man beim Schweissen des Stahls bisweilen Körper zu, welche offenbar den Zweck haben, einer Entkohlung desselben vorzubeugen, also kohlenstoffhaltige Verbindungen. So empfiehlt Karmarsch zum Schweissen von Stahl auf Eisen eine Mischung von

| | | |
|---|---|---|
| Borsäure | 35,6 Theile, | |
| Kochsalz | 30,1 „ | |
| Blutlaugensalz | 26,7 „ | |
| Colophonium | 7,6 „ | |

oder zum Schweissen von Stahl auf Stahl:

| | | |
|---|---|---|
| Borsäure | 41,5 Theile | |
| Kochsalz | 35 „ | |
| Blutlaugensalz | 15,5 „ | |
| Calcinirtes kohlensaures Natron | 8 „ | u. a. m. |

Wie das Eisen, so überzieht sich auch das Kupfer in Glühhitze an der Luft rasch mit einer Hülle von oxydirtem Metalle. Eine Verschlackung durch Kieselsäure würde hier unzureichende Resultate geben, wohl aber gelingt die Entfernung durch Lösung in einem leichtflüssigen Salze. Rust empfiehlt als vorzüglich geeignetes Schweisspulver zum Schweissen des Kupfers phosphorsaures Natron-Ammoniak (das Phosphorsalz bei Löthrohranalysen), oder eine Mischung von 35,8 Thln. phosphorsaurem Natron mit 12,4 Thln. Borax[1]).

Das erwähnte dritte Hinderniss für die Schweissung, die den Körper umgebende und theilweise verdichtete Gashülle, wird der schon oben ausgesprochenen Vermuthung zufolge höchst wahrscheinlich durch Erhitzung entfernt oder verringert. Die Ermittelungen über das Vorhandensein dieser Gashülle, über das Maass ihres Auftretens, über die Umstände, welche ihre Gegenwart begünstigen oder erschweren, sind jedoch noch so unvollkommener Natur, dass es unmöglich ist, bestimmte Schlüsse für die Einwirkung derselben auf das Gelingen des Schweissens zu ziehen.

Statt den Vorgang beim Schweissen einfach auf die Wirkung der Cohäsionskraft zurückzuführen, hat man vielfach höchst künstliche Erklärungen dafür gesucht, indem man allein die Schweissbarkeit des Eisens ins Auge fasste und ausser Acht liess, dass dieselbe Eigenschaft in oft noch höherm Grade zahlreichen anderen metallischen und nichtmetallischen Körpern zukommt, von welchen wir bereits oben einige erwähnten. So glaubt Scheerer das Schweissen einer Reduction des gebildeten Eisenoxyduloxyds durch den Kohlenstoff des Eisens zuschreiben zu sollen, wobei das entstehende kohlenstofffreie Eisen ein Bindemittel zwischen den Berührungsflächen bilde; Jordan hält das Schweissen für eine dem Frieren des Wassers ähnliche Erscheinung und vergisst, dass bei dem Schweissen ein Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand gar nicht stattfindet[2]); Williams räumt der durch die Reibung

---

[1]) Bayerisches Kunst- und Gewerbeblatt, Jahrgang 1868; Seite 527.

[2]) Das von Jordan als Analogon für das Schweissen angeführte Formen von Schneebällen bei eintretendem Thauwetter beruht auf der Vermischung fester Körper, der Eiskrystalle, mit einer Flüssigkeit, ähnlich wie Formsand durch Befeuchten mit Wasser, Kitt durch Befeuchten mit Glycerin bildsam wird, hat also mit dem Schweissen keine Aehnlichkeit.

und den Druck an den Berührungsflächen erzeugten Wärme, wodurch eine augenblickliche Flüssigmachung hervorgerufen würde, einen Einfluss ein und Wedding scheint sich dieser Ansicht anzuschliessen[1]). Auch diese Ansicht ist jedoch viel zu gekünstelt, um wahrscheinlich zu sein, abgesehen davon, dass der zur Hervorrufung des Schweissens beim Eisen und anderen Körpern factisch erforderliche Druck viel geringer zu sein pflegt, als dass er eine solche Wärmeerzeugung zur Folge haben könnte, und Williams selbst findet, dass die einfachere Erklärung die bessere sei.

Wenn bisher nur derjenige Fall ins Auge gefasst wurde, wo zwei Stücke eines und desselben Metalls zu verbinden waren, so verdient es nicht minder Erwähnung, dass in ganz ähnlicher Weise und auf ähnlichen Ursachen beruhend auch verschiedenartige Körper eine Verbindung mit einander gestatten. Der Physiker nennt in diesem Falle die thätig werdende Anziehungskraft nicht mehr Cohäsion, sondern Adhäsion. Gewöhnliche Beispiele von nichtmetallischen Körpern für diese Adhäsion geben Wachs, Pech, Siegellack und andere, welche an gewissen anderen Körpern so fest adhäriren können, dass sie eher eine Trennung ihrer eigenen Moleküle gestatten als an der Verbindungsstelle. Eine ähnliche Fähigkeit zeigen gewisse Metalle unter einander, und man benutzt diese Eigenschaft derselben zu dem sogenannten Plattiren, einem Ueberziehen eines weniger werthvollen Metalls, meistens Kupfer, mit einem Edelmetalle (Gold, Silber, Platin) durch einfache Adhäsion, wobei eine ebenso feste Verbindung beider Metalle entsteht, als beständen sie aus einem einzigen Stücke desselben Metalls.

Die Hindernisse für die Entstehung einer solchen mechanischen Verbindung zweier Metalle und die Bedingungen, welche demgemäss zur Hervorbringung einer solchen Verbindung erfüllt werden müssen, sind im Wesentlichen die nämlichen wie bei der Verbindung gleichartiger Metallstücke durch Schweissen. Als Hauptbedingungen gelten auch hier ausreichende Dehnbarkeit zur Ermöglichung eines dichten Zusammenpressens, und metallisch reine Oberfläche. Erstere wird durch möglichste Reinheit der zu verbindenden Metalle von fremden, ihre Dehnbarkeit beeinträchtigenden, Körpern und durch Erhitzung wie beim Schweissen befördert, die Reinheit der Oberfläche durch mechanische und chemische Hülfsmittel hervorgerufen. Die Vereinigung wird befördert, wenn man die Berührungsfläche des leichter oxydirbaren Metalls vor der Erhitzung auf chemischem Wege mit einer dünnen Schicht desjenigen Metalls überzieht, mit welchem die Vereinigung bewirkt werden soll. So giebt man dem Kupfer durch Bestreichen mit einer Lösung von salpetersaurem Silber einen schwachen Silberüberzug, von Goldchlorid einen Goldüberzug, von Platinchlorid einen Platinüberzug, und entfernt dann die Lösung durch Abwaschen und Trocknen. Zur Vermeidung

[1]) Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens Seite 699.

der Oxydation werden die zu verbindenden Flächen vor der Erhitzung dicht auf einander gelegt und später durch Druck wie beim Schweissen vereinigt.

Ausser den genannten Metallen werden auch Zinn und Blei mit einander auf solche Weise, jedoch ohne Erhitzung, vereinigt. Die vereinigten Metalle werden in allen Fällen einer gemeinschaftlichen Querschnittsverdünnung (Verarbeitung zu Blechen und Drähten) unterworfen und dienen dann erst als Zwischenproducte für die Anfertigung von Gebrauchsgegenständen.

---

## Literatur über die Arbeitseigenschaften der Metalle hinsichtlich ihrer Verarbeitung durch mechanische Kräfte.

Ausser den schon gegebenen Citaten:

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, I Bd., S. 7, 9 bis 14, 35, 47, 52, 60, 66, 71, 140, 158, 186, 194 bis 199.

Hoyer, Mechanische Technologie, S. 127 ff. (Theorie der Dehnbarkeit).

Muspratt-Kerl, Chemie, Bd. III, Artikel Kupfer und Legirungen (Dehnbarkeit und Härte).

Wagner, Die Metalle und ihre Verarbeitung.

Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 696 (Schweissen).

Percy, Metallurgie, I Bd., deutsch von Knapp, S. 6 bis 10.

Kerl, Metallurgie, Bd. III, S. 583, 749.

Kerl, Grundriss der Eisenhüttenkunde, S. 448 (Härten und Anlassen des Stahls).

Kerpely, Fortschritte des Eisenhüttengewerbes, Bd. VIII bis X, S. 587 (Härten).

---

## 2. Die Erhitzung der Metalle.

Aus der Besprechung der Arbeitseigenschaften der Metalle geht hervor, dass die Erhitzung derselben einen doppelten Zweck verfolgen kann:

entweder soll das Metall für die Arbeit der Formveränderung selbst erhitzt und dadurch in einen weichern und dehnbarern Zustand versetzt werden;

oder es soll demselben die bei der bereits vorgenommenen Formveränderung entstandene Härte und Sprödigkeit durch das Erhitzen wieder genommen und es dadurch zu weiterer Verarbeitung tauglich gemacht werden.

Ist die Querschnittsverdünnung eine bedeutende und das Metall geneigt, seine Dehnbarkeit zu verlieren, so ist nicht selten eine zwei-, drei- und mehrmalige Unterbrechung der Arbeit zum Zwecke der Erhitzung erforderlich.

Jenachdem die Metalle eine directe Berührung mit dem Brennstoffe vertragen oder von jeder Berührung desselben ausgeschlossen werden müssen, sowie nach Form und Grösse der zu erhitzenden Metallstücke unterscheidet man eine Anzahl verschiedener Constructionen der Erhitzungsapparate, die sich im Wesentlichen in drei Hauptgruppen sondern lassen.

### Erste Gruppe. Schmiedefeuer.

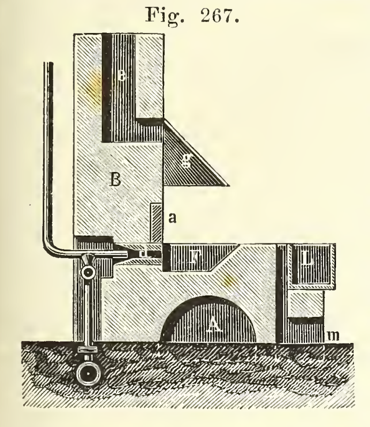
Als Erhitzungsapparat dient ein kasten- oder rinnenförmiger Behälter mit dem stückförmigen Brennmateriale gefüllt, welches das Arbeitsstück umgiebt. Die Verbrennung erfolgt durch Gebläsewind, welcher durch eine Oeffnung (Windform) am Boden oder an einer Seite zugeführt wird. Zur Bequemlichkeit des Arbeiters ist die Oberkante des Feuers 750 bis 900 Mm. über den Erdboden erhöht und das ganze Feuer demnach in einen gemauerten oder gusseisernen Herd eingebaut. Die kleineren Schmiedeherde erhalten nur ein Feuer, grössere zwei bis vier, deren Verbrennungsproducte gewöhnlich durch eine gemeinschaftliche darüber angebrachte Schmiedeesse entweichen.

Es folgt aus dieser allgemeinen Einrichtung der Schmiedefeuer von selbst, dass sie einestheils nur zum Erhitzen von Metallstücken sich eignen, deren Querschnitt und Länge nicht allzu beträchtlich sind, weil mit

der Grösse derselben die Schwierigkeit wächst, eine gleichmässige Erhitzung hervorzubringen, und dass anderntheils nur solche Metalle zum Erhitzen in Schmiedefeuern geeignet sind, welche durch die Berührung mit dem Brennmateriale keine chemische Veränderung erleiden. In der That bedient man sich der Schmiedefeuer fast nur zum Erhitzen von Schmiedeeisen und Stahl und benutzt als Brennmaterial für ersteres Steinkohlen, für letzteren Holzkohlen.

Fig. 267 stellt ein gewöhnliches Schmiedefeuer mit gemauertem Herde dar[1]). Es ist hier *A* ein hohler Raum unterhalb des Feuers, zur Ersparung von Baumaterial angelegt und sehr zweckmässig zur Aufbewahrung von Kohlen benutzt. *F* ist die Feuergrube von feuerfesten Steinen eingefasst, gewöhnlich 200 bis 400 Mm. lang und breit, 100 bis 150 Mm. tief, *B* eine Brandmauer. *d* ist die Windform, auch Esseisen genannt, d. h. die gusseiserne Hülse, in welcher das conische Endstück der Windleitung mündet und durch welche der Gebläsewind in das Feuer geführt wird. *g* ist ein aus Eisenblech gefertigter Rauchfang zum Auffangen der Verbrennungsproducte, welche von hieraus nach der Esse *e* entweichen. *L* ist der bei keinem Feuer fehlende Löschtrog, ein eiserner mit Wasser gefüllter Behälter, auf einem Vorsprunge der Herdmauerung ruhend, zum Ablöschen der geschmiedeten Gegenstände und zu anderen Zwecken dienend. *m* ist ein Raum unterhalb des Löschtrogs für die aus dem Feuer gezogenen Schlacken, welche über den Herd hinweggezogen und durch den senkrechten Canal nach unten geworfen werden. Die obere Fläche des Herdes wird zum Schutze gegen Beschädigungen des Mauerwerks zweckmässig mit gusseisernen Platten abgedeckt.

Fig. 267.



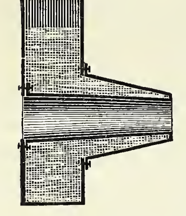

Enthält der Schmiedeherd mehr als ein Feuer, so vereinigt man dieselben unter einem gemeinschaftlichen Rauchfange, zwei Feuer ordnet man gewöhnlich in solcher Weise neben einander an, dass die Richtungen der einströmenden Gebläseluft parallel laufen, mehr als zwei Feuer legt man nicht selten kreisförmig um die in der Mitte stehende Esse.

Die Form (Windform) hat meistens eine kreisrunde, seltener eine halbkreisförmige Oeffnung zum Ausströmen des Windes, welche sich nach hinten conisch erweitert. Zum Schutze gegen die Hitze versieht man die Schmiedeform nicht selten mit einer Wasserkühlung. Zu diesem Zwecke ist sie hohl gegossen und man lässt den Wasserstrom ähnlich

[1]) Nach Hoyer, Mechanische Technologie, Seite 136.

wie bei Hochofenformen in der Höhlung circuliren, durch einen Rohrstutzen ein-, durch einen zweiten ausströmen, oder man wählt eine Einrichtung wie in Fig. 268 skizzirt ist, wo das Wasser den Raum zwischen Form und Düse ausfüllt, auf diese Weise auch die letztere kühlend [1]).

Fig. 268.

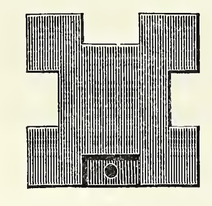


Der vordere Durchmesser der Form im Lichten pflegt bei den kleinsten Feuern 10 bis 15 Mm. zu sein und bei den grössten höchstens 30 Mm. zu betragen.

Für langgestreckte Feuer zum Erhitzen langer Stangen bringt man bisweilen mehrere Formen neben einander an, seltener ist die Anwendung zweier gegenüberliegender Formen, um auf starke Stücke von beiden Seiten Hitze zu geben, denn die Hinüberlegung des Windrohrs ist immerhin nicht gut ohne Beengung des Raums auf dem Herde zu bewerkstelligen.

Um die Form festzulegen, durchbricht man die Brandmauer an der Seite, wo die Form liegt, mit einer Oeffnung, welche durch eine starke gusseiserne Platte, Fig. 269, geschlossen wird. Diese Platte hat an den vier Seiten Ausschnitte, durch deren untern die Form hindurchreicht; ist die Platte an dieser Stelle ausgebrannt, so dreht man sie so, dass ein anderer Ausschnitt nach unten kommt, und so fort.

Fig. 269.



Die Achse der Form liegt entweder horizontal oder sie hat eine geringe Neigung gegen die Sohle der Feuergrube (Stechen der Form), um die Hitze mehr in dem untern Theile des Kohlenhaufens zu concentriren.

Die seitliche Zuführung des Gebläsewindes hat mancherlei Nachtheile. Der hauptsächlichste Uebelstand liegt in dem Umstande, dass eine einseitige Erhitzung des Metallstücks stattfindet, was besonders bei der Erhitzung grosser Stücke ins Gewicht fällt, verlangsamend auf die Arbeit und ungünstig auf den Kohlenverbrauch wirkt. Ausserdem kommt hierbei in Betracht, dass die nach der Brandmauer zugekehrte Seite des Feuers, von welcher der Wind eingeführt wird, völlig unzugänglich für den Arbeiter bleibt. Es verdient deshalb die mehr und mehr Anklang findende Einrichtung der Schmiedefeuer volle Beachtung, bei welcher der Gebläsewind in senkrechter Richtung von unten her in das Feuer geführt wird. In richtiger Erkenntniss der Vortheile, welche eine solche Einrichtung gewährt, sind schon seit einer Reihe von Jahren verschiedene Constructionen in Ausführung gebracht worden, um die senkrechte Windführung in möglichst zweckmässiger Weise anzuordnen ohne eine Verstopfung der Einströmungsöffnungen durch Schlacke, Kohlen oder dergleichen befürchten zu müssen. Alle diese Einrichtungen laufen darauf hinaus, dass ein gusseiserner Windkasten mit ebener oder kuppelförmiger

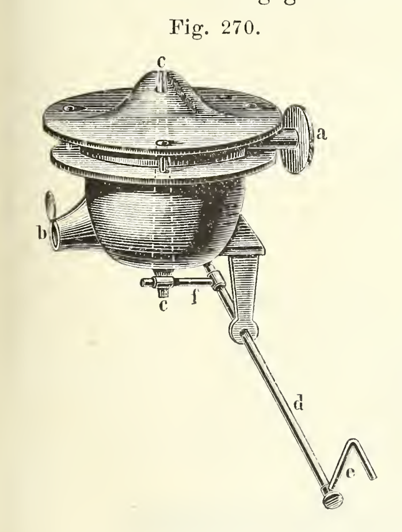
---

[1]) Mechanics Magazin 1855, Nr. 1657; Dingler, Polyt. Journ. Bd. 137, S. 417.

Decke unter der Sohle des Feuers angebracht wird und der Wind durch runde oder schlitzförmige Oeffnungen in dem höchsten Theile des Deckels in das Feuer strömt. Bei solcher Einrichtung wird es nun allerdings unvermeidlich sein, dass ab und an Theilchen der am Boden sich sammelnden und erstarrenden Schlacke, Kohlenstückchen etc., in die Windöffnungen gerathen und sich am Boden des Windkastens anhäufen; deshalb muss dort ein leicht zu öffnender Verschluss angebracht sein, um diese fremden Körper zu entfernen. Glücklicherweise ist die erkaltete Schlacke äusserst spröde und lässt sich, auch wenn sie die Windöffnungen verstopft haben sollte, leicht mit Hülfe einer eisernen Stange losbrechen. Damit das Windzuleitungsrohr nicht von eintretender Schlacke verstopft werde, muss dasselbe in einer Seitenwand des Kastens in einiger Höhe über dem Boden desselben angebracht werden. Um nicht den ganzen Windkasten herausnehmen zu müssen, wenn die Windeinströmungsöffnungen durch Ausbrennen sich erweitert haben und einer Reparatur bedürfen, hat man die letzteren in zweckmässiger Weise auch wohl mit leicht auszuwechselnden kurzen Düsen versehen (vergleiche unten Fig. 272).

Mehrfach hat man mit dieser Windzuleitung von unten eine mehr oder minder einfache Vorrichtung zur Regulirung des eintretenden Windstromes in Verbindung gebracht. Bei den Schmiedeformen von Scheller dient hierzu eine an einer verticalen Schraubenspindel befindliche Ventilscheibe mit kleinen Oeffnungen, welche bei Drehung der Spindel die grössere Oeffnung an der oberen Seite des Windkastens allmälig schliesst, so dass der Wind nur noch durch die kleinen Oeffnungen des Ventils ins Feuer gelangen kann[1]; zweckmässiger dient bei den Schmiedeformen von Webers zu demselben Zwecke eine horizontale Spindel mit kreuzförmig aufgegossenen Rippen, welche bei ihrer Drehung vermittelst dieser Rippen die schlitzförmige Oeffnung des Windkastens nach Belieben geöffnet lässt, ganz oder theilweise schliesst[2]. In recht einfacher und jedenfalls zweckmässiger Weise erfüllt als eine der neuesten Constructionen dieser Art die in Fig. 270 und 271 abgebildete patentirte Schmiedeform von Dr. Ebbinghaus den nämlichen Zweck. Das Gehäuse derselben ist aus Gusseisen in zwei Theilen als Untertheil und Deckel gegossen und durch Schrauben zusammengehalten. An der einen Seite

Fig. 270.

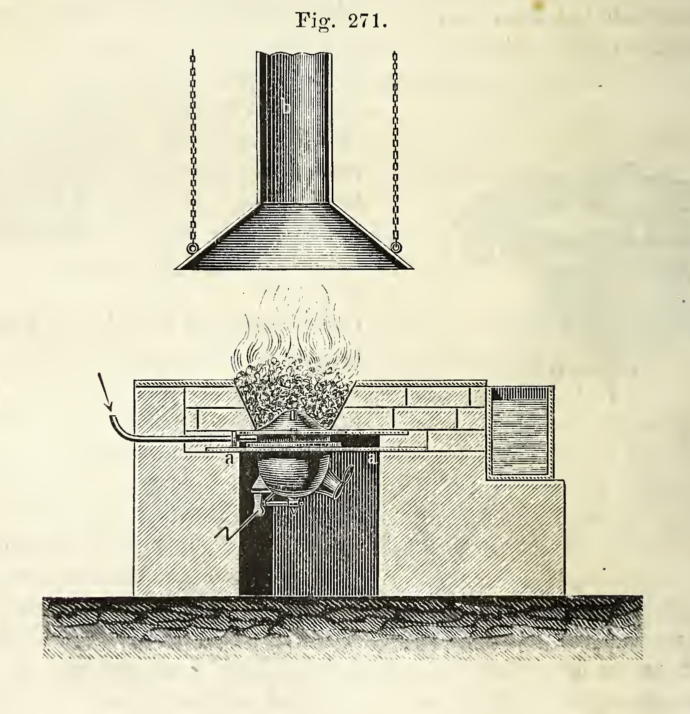



[1] Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrg. 1864, S. 449.
[2] Ebenda Jahrg. 1864, S. 451.

befindet sich der an dem Obertheile angegossene Rohrstutzen *a*, an welchen die Windleitung anschliesst; an dem Boden des Gehäuses dient der mit einem Schieber verschlossene Hals *b* zum Entleeren desselben von Schlacke. Der Deckel ist nach oben glockenförmig gewölbt und an dem höchsten Punkte mit einem länglichen Schlitze versehen, durch welchen der Wind in das Feuer gelangt. Eine keilförmige eiserne Zunge *c*, welche in senkrechter Richtung bewegt werden kann, vermag den erwähnten Schlitz ganz oder theilweise zu schliessen und ragt bei völligem Verschlusse noch um 1 bis 2 Centimeter aus demselben hervor; man ist durch diese Einrichtung im Stande, etwaige Schlackenansätze oberhalb der Oeffnung vermittelst Hebens der Zunge ohne Weiteres loszustossen. Das entgegengesetzte Ende der Zunge geht durch eine Oeffnung im Boden des Gehäuses hindurch und ist mit einem Schlitze versehen, in welchen der von der Spindel *d* mit Hülfe der Kurbel *e* bewegliche Hebel *f* eingreift und so ein Heben oder Senken der Zunge veranlasst [1]).

Derartige Constructionen der Windformen gestatten nun, den Herd des Feuers ohne Brandmauer ringsum freizulegen und das Feuer in

Fig. 271.




---

[1]) Aehnliche Constructionen sind in neuerer Zeit mehrfach entstanden. Siehe unter Anderen Morgan's Schmiedefeuer in Engineering, Bd. 20, S. 475, auch Dingler's polyt. Journal, Bd. 221, S. 81; Steinecker's Schmiedefeuer, Deutsche Industriezeitung, Jahrg. 1876, S. 242; Dingler's polyt. Journ., Bd. 221, S. 115.

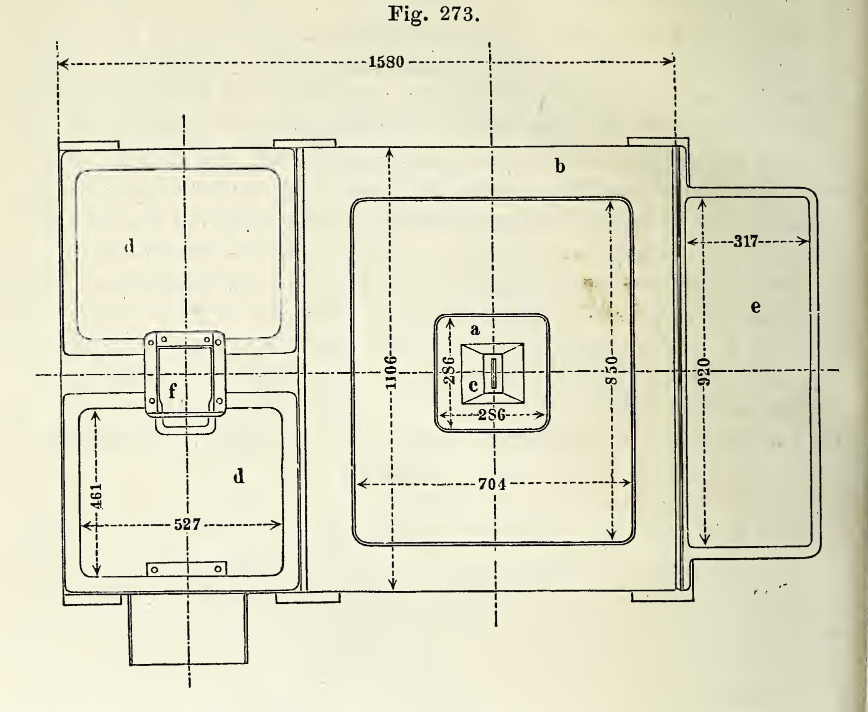
der Mitte des Herdes einzubauen, wodurch dem Arbeiter manche Bequemlichkeit erwächst. Fig. 271 stellt ein solches frei stehendes Schmiedefeuer mit Ebbinghaus'scher Windform dar. *a* sind zwei parallele in das Mauerwerk eingelassene Flacheisenschienen, auf welchen der am Gehäuse der Form angebrachte Flantsch ruht, so dass dadurch eine sichere Unterstützung der ganzen Windform gegeben ist; *b* ist die an Ketten aufgehängte Esse mit Rauchfang. Zur Stellung der Kurbel wird eine Schiene mit einigen Löchern am Herde angebracht, um mittelst eines in die Löcher passenden Vorsteckers die Zunge in jeder beliebigen Stellung festhalten zu können. Für gewöhnliche Zwecke wird die Kurbel in der in Fig. 270 ersichtlichen Stellung festgehalten, wobei ihre Oberkante mit der Oberkante des Schlitzes gleich hoch steht und ein hinreichend weiter Zwischenraum zwischen beiden zum Austreten des Windes bleibt. Die gewölbte Form des Gehäusedeckels bewirkt, dass die sich bildende Schlacke stets nach der am Rande befindlichen concentrischen Vertiefung abläuft, von wo sie von Zeit zu Zeit entfernt wird. Der Deckel selbst wird durch die von unten zuströmende Gebläseluft gekühlt und dadurch vor Beschädigung durch die Hitze des Feuers geschützt.

Statt der schwerfälligen gemauerten Schmiedeherde wendet man in neuerer Zeit mehrfach gusseiserne an, welche vor jenen den Vortheil voraus haben, leicht transportirt und an einem beliebigen Orte aufgestellt werden zu können, und ein gefälligeres Aeussere besitzen. Sie haben die Form eines Tisches mit Füssen und eingehängtem gusseisernem Feuerkasten. Die Abbildungen, Figuren 272 und 273, stellen ein solches gusseisernes freistehendes Schmiedefeuer (Construction Rotter)

Fig. 272.

dar[1]). Der Feuerkasten hat eine pyramidal vierseitige Gestalt und erhält seinen Wind von unten durch die leicht auszuwechselnde Düse *c*

Fig. 273.




(System Rathgeb) mit schlitzförmiger Ausströmungöffnung. *dd* sind Kohlenkasten zur Aufnahme von Vorräthen, *e* der Löschtrog. Der Feuerkasten ruht in vorspringenden Leisten des gusseisernen Rahmens *b*, welcher letzterer von sechs gusseisernen Füssen getragen wird. Bei *f* ist in der Windleitung ein Schieber zur Regulirung des Windes angebracht. Rauchfang und Esse werden in ähnlicher Weise wie bei dem in Fig. 271 abgebildeten Schmiedefeuer angebracht.

Wenn es bei der Erhitzung grösserer Stahlstücke mit Holzkohlen darauf ankommt, die Luft abzuhalten — z. B. beim Ausschmieden des in Frischfeuern gewonnenen Rohstahls —, so wendet man statt der oben offenen Feuer überwölbte Feuer von beträchtlicher Tiefe an, bei denen eine einzige Oeffnung an der Vorderseite zum Einbringen des Stahls und zum Entweichen der Verbrennungsgase dient. Die Figuren 274 und 275 stellen einen solchen Schmiedeherd mit zwei Feuern zum Erhitzen von Stahlstäben dar[2]). *a* ist das Feuer, rings von feuerfesten Steinen eingefasst, und nur mit der in dem links gezeichneten Feuer ersichtlichen Oeffnung

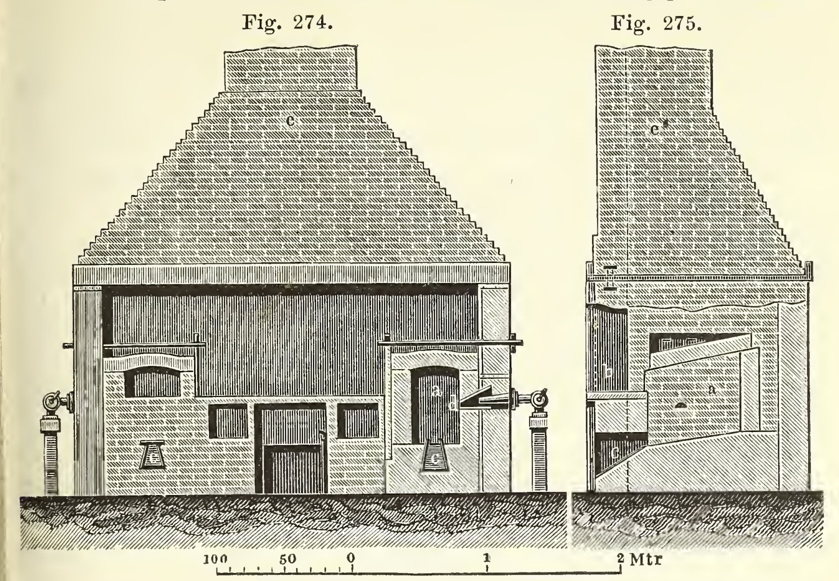
---

[1]) Amtlicher Bericht über die Wiener Ausstellung im Jahre 1873, Gruppe 13, S. 68 (Berichterstatter Hartig).

[2]) Kerl, Metallurgie, Bd. III, Tafel 7.

zum Einbringen versehen. *d* ist die Winddüse, *c* ein Schlackenabfluss, *b* eine Arbeitsplatte, von wo aus der Stahl in die Oeffnung geschoben wird.

Fig. 274. Fig. 275.




Für gewisse Zwecke erhalten die Schmiedefeuer eine von der bisher beschriebenen mehr oder minder abweichende Form. Ein Beispiel hierfür geben die Feuer zum Erhitzen von Radreifen, welche der Form des Reifens entsprechend ringförmig eingebaut und mit mehreren Windformen versehen sind (Circularfeuer) [1]), und andere mehr.

Als Gebläse für die Schmiedefeuer benutzt man Centrifugalgebläse, Roots'sche Ventilatoren oder Dampfstrahlgebläse. Seltener sind, wie schon früher erwähnt, jetzt die Balggebläse geworden. Von den beiden erst genannten Gebläsen reicht ein einziges zum Betriebe einer grössern Anzahl von Schmiedefeuern aus, von den letzteren erhält jedes Feuer sein eigenes Gebläse. Hat man mehrere Feuer mit einem einzigen Gebläse zu betreiben, so kommt dabei der Umstand in Betracht, dass der Betrieb jedes einzelnen Feuers ein intermittirender ist; denn während das Eisen aus dem Feuer genommen wird, um bearbeitet zu werden, würde es eine durchaus sträfliche Kohlenvergeudung sein, wenn der Arbeiter nicht sofort den Windstrom abstellen wollte. Fördert das Gebläse also ununterbrochen dieselbe Windmenge, so wird die Windpressung in der Leitung und bei den im Betriebe befindlichen Feuern sofort steigen, wenn ein oder einige Feuer zum Stillstande kommen. Zur Vermeidung einer übermässigen Windpressung in solchen Fällen bringt man deshalb auf den Leitungen Sicherheitsventile an (nach Art der Sicherheitsventile bei Dampfkesseln construirt), welche sich selbstthätig öffnen und

[1]) Zeichnungen der „Hütte", Jahrgang 1865, Blatt 5.

den überschüssigen Wind entweichen lassen, sobald im Innern der Leitung die normale Spannung überschritten wird. Trotz der bei derartiger Einrichtung unvermeidlichen Vergeudung der Arbeit der Betriebsmaschine pflegt bei dem Betriebe mehrerer Feuer doch eine solche Centralisation der Winderzeugung in einer einzigen Maschine vortheilhafter und zweckmässiger zu sein, als wenn man jedem Feuer ein eigenes Gebläse geben wollte, welches mit dem Feuer in und ausser Betrieb gestellt werden kann.

In allen Fällen, auch wenn ein einzelner Blasbalg den Wind liefert, ist unmittelbar hinter der Düse eine Absperrungsvorrichtung — Schieber, Hahn oder Drosselklappe — anzubringen, um sowohl in jedem Augenblicke den Wind abstellen zu können, als auch das Zurücktreten brennbarer Gase in die Leitung zu verhüten.

Die von einem Feuer beanspruchte Windmenge richtet sich begreiflicher Weise nach der Menge des verbrauchten Brennmaterials, und dieses nach der Art der Arbeit und Grösse des Arbeitsstücks. Die kleinsten Feuer gebrauchen circa 0,3 Cubikmeter, die grössten 2,5 Cubikmeter Wind per Minute. Die Windpressung, mit welcher der Wind in das Feuer geführt wird, pflegt 150 bis 200 Mm. Wassersäule zu betragen. Bei Feuern mittlerer Grösse rechnet man für den Betrieb des Gebläses einen Arbeitsaufwand von 1 bis $1^1/_4$ Pferdekraft pro 10 Feuer incl. der Arbeitsverluste durch Reibung etc.

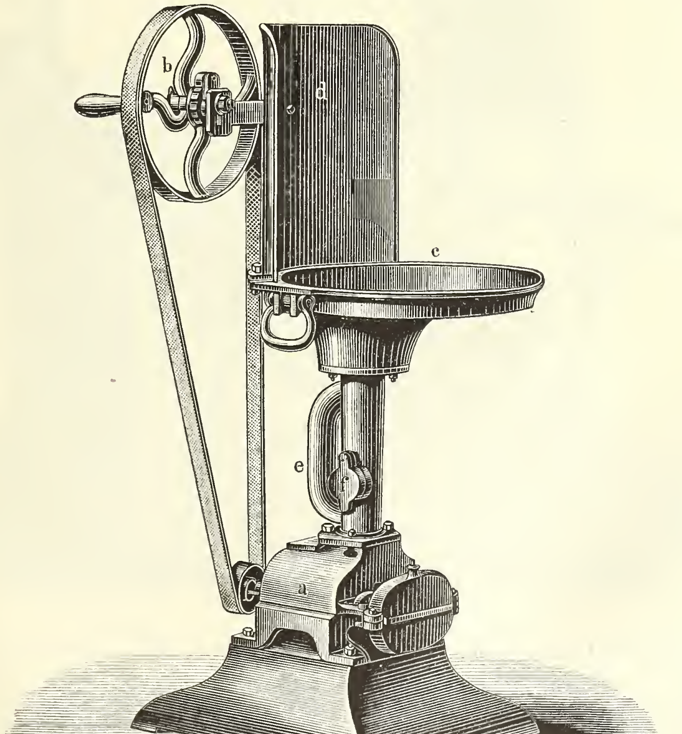
Häufig hat man versucht, bei dem Betriebe der Schmiedefeuer erhitzte Gebläseluft zur Ersparung von Brennmaterial anzuwenden; und zwar gelangte die Erhitzung des Windes bei Schmiedefeuern früher zur praktischen Anwendung, als bei den Eisenhochöfen, wo sie später so durchschlagende Erfolge erzielte. Vielfach benutzte man das Gusseisenstück in der Brandmauer, welches zur Befestigung der Form dient, als Winderhitzungsapparat, indem man es hohl goss, den Wind in demselben circuliren liess, und auf solche Weise gleichzeitig eine Kühlung des Gussstückes, wie eine Erhitzung des Windes hervorrief. Bei anderen Schmiedefeuern legte man ein System von Röhren, durch welches der Wind hindurchgeführt wurde, in die Esse, und liess es von den abziehenden Gasen des Schmiedefeuers erwärmen.

Wenn es unleugbar ist, dass die Erwärmung der Gebläseluft in gewissem Grade brennmaterialersparend wirkt, so ist doch bei den in älteren Zeitschriften und Lehrbüchern gegebenen Angaben über die günstigen Erfolge der Winderhitzung bei Schmiedefeuern, wonach ausser einer „reinern Hitze“ (d. h. grösserer Dünnflüssigkeit der Schlacke) und verringerter Zeitdauer der Erhitzung auch eine Kohlenersparniss von 30 (!) Procent und eine Verminderung des Verlustes durch Abbrand erzielt werde, die günstig gefärbte Beleuchtung unverkennbar, unter welcher die meisten Menschen unbewusst ihre eigenen Einrichtungen und Erfindungen zu betrachten pflegen. Mindestens hätten diesen Vortheilen der Winderhitzung auch die grossen Nachtheile derselben gegenüber gestellt werden sollen, welche den früher geschilderten Uebelständen der Wind-

erhitzung bei Cupolöfen (S. 287) ganz ähnlich sind; wir nennen nur die häufig erforderlich werdenden Reparaturen der Erhitzungsapparate, durch die abwechselnde Erhitzung und Erkaltung hervorgerufen, ein Uebelstand, welcher sich bei Anwendung erhitzten Windes für alle solche Erhitzungs- und Schmelzapparate herausstellen wird, welche nicht, wie Hochöfen, ununterbrochen im Betriebe sind. Wiebe sagt mit Recht in seinem schon im Jahre 1858 erschienenen Werke: „Die Maschinenbaumaterialien" (S. 353):

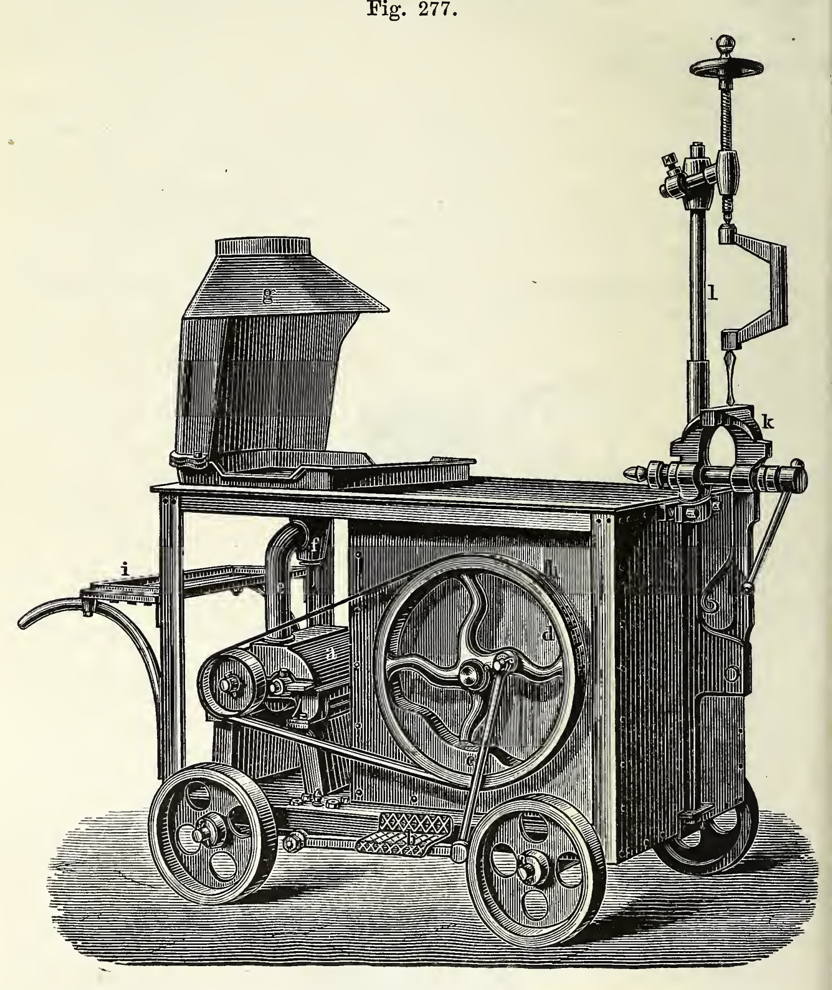
> Alle diese Vortheile, welche man durch die Windheizungsapparate zu erzielen geglaubt hat, sind mehr oder weniger problematisch. Versuche, die man angestellt hat, haben nicht immer zu Gunsten der erhitzten Luft entschieden, und man findet gegenwärtig, selbst in sehr grossen und mit Intelligenz geleiteten Werkstätten die Winderhitzungsapparate fast gar nicht in Anwendung, und wo man sie eingeführt hatte, sind sie zum grossen Theile wieder aufgegeben.

Fig. 276.



Als Gründe hierfür nennt auch Wiebe unter Anderm die häufigen Reparaturen und den Umstand, dass aus einem gut construirten und gut geleiteten Schmiedefeuer überhaupt keine überflüssige Wärme zur Erhitzung der Luft abgegeben wird, weil die sämmtliche Wärme vollständig im Innern des Feuers concentrirt und verbraucht wird.

Fig. 277.




Bei Montirungsarbeiten aller Art, auf Bauplätzen, beim Legen von Röhren u. s. w. tritt häufig die Nothwendigkeit ein, Eisenstücke zu erhitzen, ohne dass ein stabiles Schmiedefeuer der bisher beschriebenen Construction in der Nähe ist. Für solche Zwecke werden vielfach transportabele Schmiedefeuer oder Feldschmieden benutzt. Selbstverständlich muss bei denselben das Gebläse mit dem Schmiedefeuer fest verbunden und transportabel sein. Man hat kleinere tragbare

und grössere fahrbare Schmiedefeuer. Beide Sorten sind aus Gusseisen erbaut und das Gebläse ist unterhalb des Tisches angebracht, um den Platz möglichst wenig zu beengen. Im Uebrigen zeigen die hierher gehörigen Constructionen vielfache Abweichungen. Fig. 276 (a. S. 357) stellt ein solches kleines tragbares Schmiedefeuer, von der Mannheimer Maschinenfabrik Schenck, Mohr und Elsässer in Mannheim gefertigt, dar. *a* ist ein Roots'sches Gebläse, durch Drehung einer an dem Rade *b* befestigten Kurbel in Bewegung gesetzt, *c* ist das Feuerbecken, 520 Mm. lang, 370 Mm. breit, durch den Schirm *d*, welcher zugleich zum Tragen des Lagerarms für das Rad *b* dient, gegen den herrschenden Wind geschützt. Der Gebläsewind steigt durch das Rohr *e* empor und tritt von unten in das Feuer, während der kleine Hals *f* zum Entleeren von den in die Form gefallenen Schlacken dient. Das Gewicht des Feuers beträgt 80 Kilogramm.

In Fig. 277 ist ein fahrbares Schmiedefeuer grösster Sorte (Montirungsschmiede) aus derselben Fabrik abgebildet. *a* ist hier das Roots'sche Gebläse, mit Hülfe des Trittsbretts *b*, der Schubstange *c* und des Rades *d* durch Riemenübertragung betrieben. Der Wind tritt durch das Rohr *e* in das Feuer. Die Entfernung von Schlacken, welche in die Form fallen könnten, erfolgt bei *f*. *g* ist der Rauchfang. *h* ist ein verschliessbares Schränkchen mit Thüren auf der dem Beschauer abgewendeten Seite zur Aufbewahrung von Werkzeugen. Jenseits des Gebläses befindet sich ein Löschtrog. *i* ist ein Tisch zur Aufstellung eines Ambosses. Zur Ausführung kleinerer Schlosserarbeiten ist bei *k* ein Schraubstock und bei *l* eine Vorrichtung zum Bohren angebracht. Die Schmiede ist 1140 Mm. lang, 700 Mm. breit, 900 Mm. hoch und wiegt mit Schraubstock und Bohrvorrichtung 390 Kilogramm.

## Betrieb und Arbeitsverfahren.

Zum Erhitzen des Eisens sind, wie erwähnt, Steinkohlen das geeignetste Brennmaterial, und unter diesen die backenden Kohlen von Erbsen- bis Nussgrösse, welche bei der Aufbereitung der Steinkohlen unter dem Namen „Schmiedekohlen" sortirt werden. Je weniger Asche sie geben und insbesondere je weniger reich sie an schwefelhaltigen Mineralien sind, desto besser. Bei grossem Schwefelgehalte — meistens von Schwefelkies herrührend — wird das zu erwärmende Eisen angegriffen und erhält eine löcherige, rauhe Oberfläche. Gute Kohlen dürfen kaum mehr als 10 Proc. Asche enthalten. Die Asche verschlackt sich mit dem Glühspan des Eisens, wird oft recht zähflüssig, überzieht das Eisen, beeinträchtigt dadurch die Erhitzung desselben und verzögert die Arbeit.

Diese Nachtheile fallen allerdings bei Anwendung von Holzkohlen weg; letztere aber sind wegen ihrer porösen Beschaffenheit weit geneigter, Kohlenoxydgas zu bilden, wie bei Besprechung der Schmelzapparate ausführlicher erörtert wurde, und geben in Folge dieser weniger voll-

ständigen Verbrennung eine ungünstigere relative Wärmeleistung sowohl hinsichtlich der erzeugten Wärmemenge als des Wärmegrades; sie sind bedeutend specifisch leichter als Steinkohlen, nehmen also einen relativ grössern Raum als diese ein und sind dadurch weniger geeignet, grössere Wärmemengen in einem kleinern Raume zu concentriren, was für die günstige Leistung eines Schmiedefeuers immerhin Bedingung ist. Am meisten für ihre geringere Verwendung entscheidend ist jedoch ihr hoher Preis.

Wo es aber weniger darauf ankommt, starke Hitzen als gleichmässige Hitzen hervorzurufen; wo die reichliche Schlackenbildung nach Möglichkeit vermieden werden muss — also beim Schmieden, Härten und Anlassen des Stahls, bei der seltener vorkommenden Erhitzung von Kupfer im Schmiedefeuer und in ähnlichen Fällen —, sind die Holzkohlen entschieden das geeignetste und oft unentbehrliche Material.

Die backende Eigenschaft der Schmiedesteinkohle gewährt einen eigenthümlichen Vortheil. Da nämlich das zu erhitzende Eisen in dem offenen Schmiedefeuer mit einer dicken Schicht Kohlen bedeckt gehalten werden muss, damit die Wärme zusammengehalten und Oxydation verhindert werde, so backen nun alsbald die über dem Eisen befindlichen Kohlen zu einer gewölbeartigen Decke zusammen, welche das Feuer abschliesst und fest genug ist, dass das Eisen herausgenommen und hineingelegt werden kann, ohne dass ein Einstürzen zu befürchten wäre. Dadurch wird es möglich, die entwickelte Wärme aufs Günstigste auszunutzen. Denn die nicht zum Erhitzen des Eisens verbrauchte Wärme wird von der Decke aufgenommen und kommt so dem Feuer wieder zu gut. Müssen frische Kohlen aufgeschüttet werden, so schlägt man die Decke des Gewölbes ein, so dass die bereits vorgewärmten Kohlen desselben zunächst ins Feuer kommen, und bringt die frischen zu oberst, ein neues Gewölbe aus denselben bildend.

Es geht hieraus hervor, dass der Schmied durch eine mehr oder minder umsichtige Wartung des Feuers und insbesondere durch Erhaltung jener Kohlendecke im Stande ist, den Kohlenverbrauch in nicht unerheblicher Weise zu beeinflussen.

Zum Schutze der Kohlendecke gegen vorzeitiges Verbrennen benutzt er den Löschwedel, ein Reisigbündel an einem eisernen Stiele, welches in das Wasser im Löschtroge getaucht wird und mit dem die Kohlen bei eintretender Erhitzung besprengt werden. Ein richtiger Gebrauch dieses einfachen Geräths ist nicht ohne Wichtigkeit. Werden die Kohlen übermässig befeuchtet, so entzieht man dem Feuer unnöthig Wärme; wird gar durch Unvorsichtigkeit mit den Kohlen auch das Eisen besprengt, so wird dieses abgekühlt, die Arbeit verzögert und der Kohlenverbrauch erhöht.

Um die Vortheile dieser natürlichen Decke auch bei Anwendung von Holzkohlen benutzen zu können, verfährt man bisweilen in solcher Weise, dass man zunächst ein Steinkohlenfeuer anfacht, um die Decke

zu bilden, diese dann durchstösst, um Holzkohlen hineinzuschütten, und nun wieder mit frischen Steinkohlen schliesst. Jedenfalls wird auf solche Weise die vollständige Verbrennung der Holzkohlen erleichtert und die Wärme besser zusammengehalten, als im Feuer aus Holzkohlen allein.

Wenn die Erhitzung vor sich gehen soll, wird das Eisen ins Feuer geschoben und das Gebläse angelassen. Kleine Arbeitsstücke werden mit einer Zange erfasst, deren Schenkel durch einen übergeschobenen Ring geschlossen gehalten werden (Fig. 35 auf S. 43) und mit derselben ins Feuer gelegt, selbstverständlich so, dass die Schenkel frei herausragen und nur das Eisenstück die grösste Hitze erhält. Zu jedem Feuer gehören eine Anzahl Schmiedezangen von verschiedener Grösse und verschieden geformtem Maule; die Schenkel sind immer geradlinig gestaltet. Abbildungen der gebräuchlichsten Formen für Schmiedezangen finden sich in Wiebe's citirtem Werke Taf. IX, Fig. 17 bis 25.

Längere Stücke legt man ohne Zange ins Feuer und lässt das eine Ende, welches nicht erhitzt wird und später dem Schmiede statt der Zange zum Festhalten dient, aus dem Feuer herausragen. Von kleineren und mittelgrossen Stücken legt man, wo es angeht, mehrere zugleich in das Feuer, welche der Reihe nach herausgenommen und verarbeitet werden, so dass immer ein Stück den richtigen Hitzgrad erhält, während das vorige herausgenommen ist. An der Farbe des herausgenommenen Arbeitsstücks erkennt der Schmied, ob der richtige Temperaturgrad erreicht ist.

Eine richtige Lage des Eisenstücks im Feuer, so dass es der Erhitzung am besten ausgesetzt ist, ohne vom Windstrahle direct getroffen zu werden, eine geeignete Regulirung der Windmenge, so dass weder durch zu reichlichen Wind übermässiger Kohlenverbrauch entsteht, noch durch zu schwachen Wind die Erhitzung verlangsamt wird; endlich das Abpassen des geeignetsten Zeitpunkts zum Herausnehmen des Eisens, sind neben der oben erwähnten Regulirung des Feuers mit Hülfe des Löschwedels die Hauptpunkte, auf welche der Schmied während der Erhitzung sein Augenmerk zu richten hat.

### Betriebsresultate und Wirkungsgrad.

Bei den Apparaten zum Erhitzen der dehnbaren Metalle ist es weit schwieriger, als bei den Schmelzapparaten für giessbare Metalle, einen durchschnittlichen relativen Brennstoffverbrauch zu ermitteln. Denn derselbe ist, abgesehen von der Zweckmässigkeit des Apparates und der Umsicht des Arbeiters, hier nicht allein von der Grösse der zu erhitzenden Gegenstände abhängiger, sondern auch von der grössern oder geringern Schwierigkeit der Formgebung etc.; manche Stücke erhalten in einer einzigen Hitze ihre Formgebung, bei anderen sind eine grössere Anzahl Erhitzungen des während der Formgebung sich abkühlenden Arbeitsstücks erforderlich; ferner auch von dem Grade der Erhitzung;

in manchen Fällen genügt eine ganz schwache, nicht einmal bis zur Rothgluth sich steigernde Erhitzung; für andere Zwecke ist helle Weissgluth erforderlich.

Nach Prechtl[1]) beträgt der stündliche Verbrauch

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| bei Schmiedefeuern der kleinsten Art | 1 | bis | $1^1/_4$ | Kilogr. | Steinkohlen |
| oder | 1 | „ | $1^1/_4$ | „ | Holzkohlen, |
| bei gewöhnlichen kleinen Schlosserfeuern, in welchen Eisen von $1^1/_2$ bis 3 Quadratcentimeter Querschnitt verarbeitet wird . . . . . . . . . . . . | 2 | „ | 3 | „ | Steinkohlen |
| oder | $1^3/_4$ | „ | $2^1/_2$ | „ | Holzkohlen, |
| bei Schmiedefeuern für Stäbe von 6 bis 12 Quadratcentimeter Querschnitt . | $3^1/_4$ | „ | $4^1/_2$ | „ | Steinkohlen |
| oder | $2^3/_4$ | „ | 4 | „ | Holzkohlen, |
| bei grossen Feuern für Stäbe bis zu 30 Quadratcentimeter Querschnitt | 7 | „ | 9 | „ | Steinkohlen |
| oder | 6 | „ | $7^1/_2$ | „ | Holzkohlen. |

Auf das Gewicht des zu verschmiedenden Eisens bezogen beträgt die Menge des erforderlichen Brennmaterials nach Angaben von Wiebe, Prechtl, Karmarsch pro 100 Kilogramm Eisen: bei kleineren Stäben, welche nur einer Hitze bedürfen, 60 bis 80 Kilogramm Steinkohlen oder 50 bis 70 Kilogramm Holzkohlen; bei grösseren Stäben, welche nur einer Hitze bedürfen, kann sich dieser Verbrauch auf 30 Kilogramm verringern, und in anderen Fällen, wenn mehrere Erhitzungen nöthig werden, bis auf 150 Kilogramm Steinkohle steigern.

Dieselben Gründe, welche die Ermittelung eines normalen Brennstoffverbrauchs bei Schmiedefeuern unmöglich machen, erschweren auch die Berechnung eines Wirkungsgrades, wie wir ihn für die Schmelzapparate als Quotient aus der vom Metall aufgenommenen Wärme dividirt durch die vom Brennstoffe entwickelbare Wärmemenge gefunden hatten.

Nimmt man einen durchschnittlichen Brennstoffverbrauch pro 100 Kilogramm Eisen von 100 Kilogramm Steinkohlen mit einem Wärmeeffecte = 7000 Wärmeeinheiten an; nimmt man ferner an, dass das Eisen bei seinem Herauskommen aus dem Feuer bei einer Erhitzung auf 1100 Grad durchschnittlich 210 Wärmeeinheiten aufgenommen habe, was immerhin annähernd der Wirklichkeit entsprechen wird, so ergiebt sich ein Wirkungsgrad des Ofens

$$E = \frac{100 \times 210}{100 \times 7000} = 0{,}03.$$

Mit der Höhe des relativen Kohlenverbrauchs ändert sich auch bei den Schmiedefeuern der Metallverlust durch Abbrand. Je mehr Hitzen das Eisenstück auszuhalten hat und je grösser das Verhältniss einer erhitzten Oberfläche zu seinem Gewichte ist, desto beträchtlicher wird der

[1]) Prechtl, Technologische Encyclopädie Bd. 13, S. 22.

procentale Abbrand sein. Man rechnet für gewöhnliche Fälle 6 bis 10 Proc. Abbrand vom Gewichte des erhitzten Eisens; unter Umständen kann derselbe jedoch mehr als die doppelte Höhe erreichen.

## Zweite Gruppe. Herdflammöfen.

Das zu erhitzende Metall befindet sich auf dem überwölbten Herde des Ofens und wird durch die darüber hinstreichende Flamme erhitzt. Die Erzeugung der Flamme geschieht entweder durch directe Feuerung oder durch Verbrennung von Gasen. Die Einrichtung im Allgemeinen ist also die nämliche wie bei den Herdflammöfen zum Metallschmelzen, und wir haben hier dieselben Hauptconstructionstheile wie dort zu unterscheiden.

Das Metall ist vor directer Berührung mit festem Brennmateriale geschützt, dagegen etwaigen Einwirkungen der verbrennenden und verbrannten Gase, sowie der durch die Thürspalten etc. angesaugten atmospärischen Luft ungeschützt preisgegeben. Da aber die Metalle in den Oefen stets im festen Zustande verharren, so zeigen sich diese Einwirkungen weniger intensiv als bei dem Schmelzen und können höchstens an der Oberfläche der Metallstücke sich geltend machen. Daher werden diese Herdflammöfen zum Erhitzen fast sämmtlicher Metalle und Legirungen vor oder nach der Verarbeitung benutzt, sobald sie in grösseren Stücken erhitzt werden: Eisen und Stahl, Kupfer, Messing, Bronze, Neusilber und anderer.

Dem Temperaturgrade zufolge, welcher in den Oefen erreicht werden soll, unterscheidet man Schweissöfen (nur für die Erhitzung des Eisens zur Schweisshitze vor der Verarbeitung bestimmt) und Glühöfen. Der Hauptunterschied beider liegt in der Anordnung der Feuerung; während dieselbe bei den Schweissöfen ausreichend sein muss, helle Weissgluth im Ofen hervorzurufen und diese hohe Temperatur nur mit oxydirender Flamme zu erreichen ist, genügt für die Glühöfen Rothgluth, und man hält auf schmauchende Flamme, um unnöthigen Abbrand zu vermeiden.

### Herdflammöfen mit directer Feuerung.

Die Anordnung im Allgemeinen ist die nämliche wie bei den früher beschriebenen Herdflammöfen zum Schmelzen der Metalle (S. 235 ff.). Auf der einen Seite des Ofens liegt der Rost, davor der Herd, durch den Fuchs mit der Esse verbunden. Als Brennmaterialien dienen für Schweissöfen vorwiegend Steinkohlen; für Glühöfen auch Braunkohlen und Torf, seltener Holz, welches höher im Preise zu stehen pflegt. Diesen verschiedenen Brennstoffen entsprechend ist auch die Rostconstruction eine verschiedene; während für Schweissöfen Planroste die üblichsten

sind, benutzt man bei Glühöfen nicht selten Treppenroste, um geringwerthigere kleinstückige Brennstoffe benutzen zu können.

Die Grösse der Rostfläche muss — abgesehen von der Beschaffenheit des Brennmaterials — von der Grösse des Herdes und von der auf dem Herde hervorzubringenden Temperatur abhängig sein. Je höher die letztere, desto grösser im Allgemeinen der Rost. Bei einer grössern Anzahl erprobter Schweissöfen für Steinkohlenfeuerung findet man ein Verhältniss der totalen Rostfläche zur Herdfläche wie 1 : 2 bis 1 : 3, abweichend nach Beschaffenheit der Steinkohlen und dem Verhältnisse zwischen totaler und freier Rostfläche. Für Steinkohlen mittlerer Qualität wird man als geeignete Verhältnisse annehmen können:

Totale Rostfläche: Herdfläche = 1 : 2,5,

Freie Rostfläche: Totale Rostfläche = 1 : 2,5 bis 1 : 3.

Bei Glühöfen dagegen, in denen höchstens helle Rothgluth erzeugt werden soll, ist das Verhältniss des Rostes zur Herdfläche bedeutend geringer und beträgt $^1/_4$ bis $^1/_5$; für fertige Producte, welche nur noch ausgeglüht werden, um ihre Zähigkeit wieder zu erhalten, welche schwache Querschnitte und grosse Oberfläche bieten, ist jenes Verhältniss kleiner, als für rohe Blöcke und halbfertige Producte.

Im Uebrigen gelten für die Construction des Rostes die für Giessereiflammöfen gegebenen Regeln.

Der Herd ist zum Schutze des Metalls gegen die directe Einwirkung der Flamme meistens durch eine Feuerbrücke von der Feuerung getrennt. Die Tiefe des Rostes unterhalb der Oberkante der Feuerbrücke beträgt bei Schweissöfen 0,3 bis 0,8 Meter, bei Glühöfen bis zu 1 Meter. Je grössere Oberfläche die zu erhitzenden Metallstücke darbieten, je leichter sie also der Oxydation ausgesetzt sind, und je leichter sie überhaupt oxydirbar sind, desto tiefer legt man im Allgemeinen den Rost; daher findet man bei Schweissöfen für dicke, massive Stücke (Brammen und Packete für Eisenbahnschienen, starke Bleche u. s. w.) die geringste Tiefe des Rostes, für dünnere Querschnitte (Packete für Feineisen und Walzdraht) eine grössere, für bereits fertige Gegenstände, welche ausgeglüht werden sollen (z. B. Bleche), die grösste.

Die Feuerbrücke wird aus feuerfestem Materiale erbaut; bei Schweissöfen nicht selten durch einen eingemauerten, quer durchlaufenden und an beiden Seiten des Ofens mündenden, gusseisernen Canal, durch welchen atmosphärische Luft hindurchstreichen kann, gekühlt und vor raschem Wegschmelzen bewahrt.

Die Grösse des Flammenlochs — des Ofenquerschnitts über der Feuerbrücke — beträgt circa 0,4 der totalen Rostfläche, woraus sich die Höhe des Gewölbes über der Feuerbrückenoberkante ergiebt, welche selten unter 300 Mm., selten über 450 Mm. beträgt.

Je mehr das Metall vor den Einwirkungen der Gase geschützt werden soll, desto tiefer legt man die Herdoberfläche unter die Feuerbrückenoberkante, desto schwieriger findet aber begreiflicher Weise die Wärme-

abgabe an das Metall statt. Bei Schweissöfen sind die üblichsten Abmessungen hierfür 100 bis 150 Mm., bei Glühöfen 300 bis 500 Mm.

Die Ermittelung einer geeigneten Grösse der Herdfläche ist insofern eine der wichtigsten Aufgaben bei der Construction eines Herdflammofens, als von dieser nicht allein die quantitative Leistung des Ofens, sondern auch die Grösse des Rostes und somit aller übrigen Hauptconstructionstheile abhängt. Diese Grösse richtet sich nun nicht allein nach dem Gewichte der einzusetzenden Metallstücke, sondern auch nach dem Platze, welchen dieselben in Anspruch nehmen, also nach Form und Querschnitt derselben. Die relativ geringste Herdfläche werden daher jene Metallblöcke beanspruchen, welche vor der Verarbeitung eingesetzt werden; Bleche und andere in ihren Querschnittsabmessungen bereits fertige Gegenstände, welche ausgeglüht werden sollen, erheischen die relativ grösste Fläche. Bei Schweissöfen giebt man für je 1000 Kilogramm Einsatz in 12 Stunden eine Herdfläche von 0,3 bis 0,45 Quadratmeter, woraus sich also die Grösse des Herdes für eine tägliche Production ergiebt, auf den einmaligen Einsatz bezogen kann man pro 1000 Kilogramm 1,5 bis 3 Quadratmeter Herdfläche rechnen, wobei 5 bis 8 Einsätze in 12 Stunden gemacht zu werden pflegen, die bei sehr schwachen Abmessungen auf 10 steigen können. Der einmalige Einsatz pro Ofen beträgt kaum jemals weniger als 250 Kilo und selten mehr als 1500 Kilo; die Grösse der Packete und der ins Auge gefassten totalen Production ist hierfür entscheidend. Bei den Glühöfen muss sich die Herdgrösse fast immer nach Länge und Breite der zu glühenden Metallstücke richten, und es ist deshalb nicht möglich, aus dem Gewichte derselben eine Beziehung für die geeignete Herdfläche ausfindig zu machen.

Von ähnlichen Umständen wie die Grösse des Herdes hängt auch die Gestaltung seiner Grundfläche ab. Bei Schweissöfen giebt man zur bessern Wärmeausnutzung dem Herde gern eine gestreckte Form, setzt die kalten Eisenstücke in der Nähe des Fuchses ein und rückt sie allmälig der heissesten Stelle näher, sobald die dort befindlichen Stücke aus dem Ofen entfernt sind; doch giebt man dem Herde selten eine grössere Länge als 3 Meter im Lichten von Feuerbrücke bis Fuchsöffnung gemessen, während bei Oefen mittlerer Grösse 2,5 Meter als durchschnittliche Abmessung angenommen werden kann.

Bei Glühöfen aber, in welchen Metalle von langgestreckter Form verarbeitet werden sollen, z. B. Bleche, ist ein solches Vorrücken derselben nicht thunlich, sondern es bleibt die Rücksicht maassgebend für die Form des Herdes, dass an allen Stellen desselben eine möglichst gleichmässige Erwärmung stattzufinden hat. Von diesem Gesichtspunkte aus giebt man dem Herde sogar bisweilen eine grössere Breite als Länge und lässt so die Flamme quer über das zu erhitzende Metallstück hinwegziehen.

Der Form der Flamme und dem Umstande entsprechend, dass nach dem Fuchse hin eine fortschreitende Verengung des Ofenquerschnitts stattzufinden hat, pflegt bei Schweissöfen der Grundriss des Herdes sich

— wie es auch bei Giessereiflammöfen der Fall ist — nach dem Fuchse hin zusammenzuziehen, so dass eine annähernd trapezförmige Gestalt entsteht; bei Glühöfen zum Glühen rechtwinkliger Tafeln ist eine solche Verengung unthunlich und der Herd bekommt rechteckige Grundform.

Die Oberfläche des Herdes ist eben; bei Schweissöfen mit einer Neigung nach der Rückseite des Ofens und dem Fuchse zu, um das Abfliessen der aus dem oxydirten Eisen mit dem Herdmateriale und Schweisspulver entstandenen Schlacke zu befördern, welche sich an dem tiefsten Punkte sammelt und dort durch ein Schlackenloch austritt; bei Glühöfen gewöhnlich vollständig horizontal. Als Material für den Herd dient bei Schweissöfen kieselsäurereicher feiner Sand von gleichmässigem Korne, frei von Alkalien, Schwefelkies und organischen Bestandtheilen, in einer Stärke von circa 200 Mm. entweder auf querlaufenden, freiliegenden, gusseisernen Platten aufgeschüttet, welche von unten her durch das Zutreten frischer Luft kühl erhalten werden; oder, wo man die dadurch entstehenden Wärmeverluste vermeiden will, auf eine zwischen den Fussmauern des Ofens festgestampfte oder gemauerte Lage von Steinen oder dergleichen aufgebracht, wie es auch bei den Giessereiflammöfen beschrieben wurde. Bei Glühöfen dagegen mauert man den Herd meistens aus feuerfesten Steinen und versieht ihn mit hochstehenden Längsrippen aus demselben Materiale (s. unten Fig. 289), um die zu glühenden Theile hohl zu legen und dadurch die gleichmässige Erwärmung derselben zu befördern.

Dieser einfachen Herdform entspricht eine eben so einfache Form des Gewölbes, welches sich mit ganz oder fast geradliniger Achse über den Herd hinzieht und sich von der Feuerung bis zum Fuchse hin der Herdoberkante mehr und mehr nähert. Das Längenprofil der Schweiss- und Glühöfen wird dadurch demjenigen der Giessereiflammöfen mit gestrecktem Herde ähnlich.

An der Seite des Herdes befinden sich die Arbeitsthüren. Bei Schweissöfen pflegt man eine oder zwei Thüren neben einander von ausreichender Grösse an der langen Seite des Ofens anzubringen; bei Glühöfen für Bleche verlegt man meistens die Thür an die Stirnseite, dem Roste gegenüber, und giebt ihr die ganze Breite des Ofens, um das Hinein- und Hinausschaffen der Blechtafeln, welche die Breite des Ofens einnehmen, ohne Schwierigkeit bewirken zu können. In beiden Fällen sind natürlich die Oefen so gestellt, dass die Thürseite dem Arbeitsraume zugekehrt ist. Die Schwelle der Arbeitsthür liegt in gleicher Höhe mit der Herdsohle.

Das Verhältniss zwischen Fuchsquerschnitt und totaler Rostfläche beträgt bei den meisten Schweiss- und Glühöfen 1 : 7,5 bis 1 : 9; doch finden sich auch Oefen, bei denen der Fuchs erheblich weiter ist und jenes Verhältniss bis auf 1 : 4 steigt; obgleich, nach Ansicht des Verfassers, nicht ohne Benachtheiligung der Wärmeausnutzung, vorausgesetzt, dass die Esse ihre Schuldigkeit thut. Der Fuchs liegt bei Schweissöfen meistens in der verlängerten Herdachse, so dass er die Fortsetzung des

Herdes bildet; bei Glühöfen dient bisweilen eine Oeffnung im Gewölbe als Fuchs, und die Gase entweichen durch diese nach oben, wenn man durch das Niederziehen derselben eine zu intensive Einwirkung auf das zu glühende Metall fürchtet (vergl. unten Fig. 290); häufiger wird jedoch bei Glühöfen, wo jene Einwirkung weniger nachtheilig ist, z. B. beim Glühen von Eisenblechen, der Fuchs durch eine oder zwei Oeffnungen an der Herdsohle gebildet, wodurch die Gase auf den Herd niedergezogen werden, und oft führt man in diesem Falle die letzteren durch einen überwölbten Canal unter der Herdsohle hin nach dem Schornsteine (s. unten Fig. 286). Man bezweckt dadurch eine vollständige Wärmeausnutzung und gleichmässigere Erwärmung des Herdes. Für die höhere Temperatur der Schweissöfen würde eine solche Erwärmung des Herdes von unten kaum ohne Benachtheiligung der Dauerhaftigkeit desselben durchzuführen sein; in der niedrigern Temperatur der Glühöfen hat sie sich recht gut bewährt. Zwei nach unten führende Fuchsöffnungen statt einer bringt man bei sehr breiten Herden der Glühöfen an und verlegt sie in die beiden Ecken des Herdes; bei weniger breiten Herden giebt man der Fuchsöffnung die Form eines langen schmalen Spalts, dessen Länge gleich der Herdbreite ist.

Zwischen Fuchs und Esse ist bei allen Oefen ein Schieber (Register) zur Regulirung des Zuges einzuschalten, wenn man nicht vorzieht, die Esse mit einer Regulirungsklappe auf der Ausmündung zu versehen.

Hinsichtlich des Aufbaues und der Rüstung der Herdflammöfen zum Schweissen und Glühen gelten die für die Giessereiflammöfen gegebenen Regeln.

Die Figuren 278 bis 285 stellen die Einrichtung eines englischen Schweissofens dar[1]). Links befindet sich der Planrost mit dem darüber liegenden Schürloch *a* an der einen Langseite des Ofens (Fig. 283 Verticalschnitt durch das Schürloch). Die Feuerbrücke ist massiv aus feuerfesten Ziegeln ohne Kühlung erbaut. An derselben Seite mit dem Schürloche sind die zur Bedienung des Herdes bestimmten zwei Arbeitsthüren *b b'* angebracht; der Herd *c'* ruht auf einer Aufschüttung von feuerfesten Ziegeln *d* (Figuren 282 und 284). Die Verbreiterung des Herdes nach den Arbeitsthüren zu, wodurch von diesen aus Abschrägungen nach der Feuerbrücke und dem Fuchse hin entstehen, hat ihre Berechtigung durch den Umstand, dass es erforderlich ist, von der Arbeitsthür aus mit den Werkzeugen (Zangen und Brechstangen) jeden Punkt des Herdes leicht erreichen zu können. Es würde dieses unmöglich sein, wenn die vordere Seite des Herdes sich in gerader Linie von der Feuerbrücke bis zum Fuchse erstreckte.

Die Schlacke fliesst den geneigten Herd abwärts bis zur Oeffnung *e*, durch welche sie aus dem Ofen austritt und sich in dem vor demselben

---

[1]) Aus Percy, Metallurgy, Iron and Steel, p. 713; Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 708.

angebrachten Sumpfe sammelt (vergl. Fig. 278, 279, 280, 281). Der Verticalschnitt, Fig. 284, zeigt die erwähnte Neigung des Herdes nach der Rückseite (um zu verhüten, dass die Schlacke nach der Arbeitsthür fliesst) und eine Arbeitsthür im Durchschnitte. Die Bezeichnung $f - b$

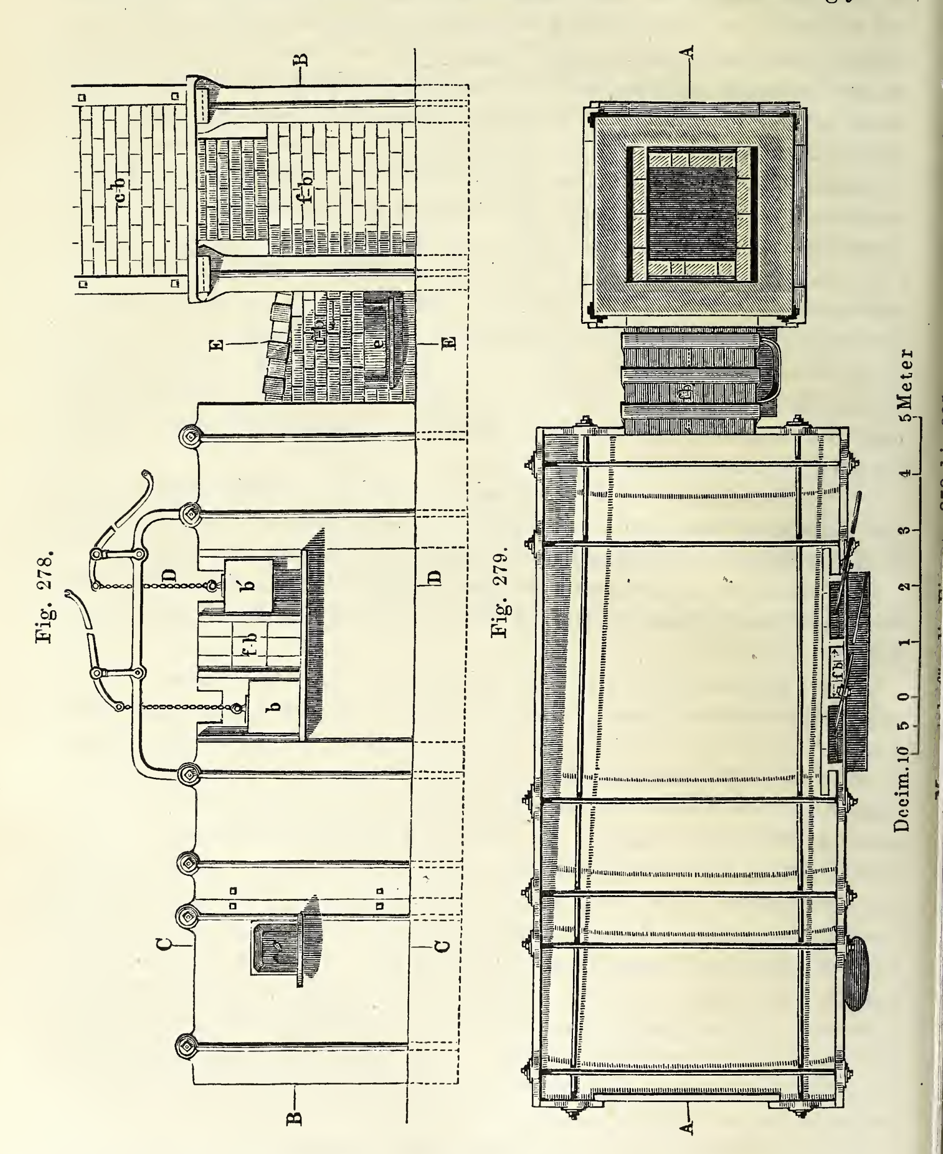


Fig. 278.

Fig. 279.

in sämmtlichen Abbildungen ist der englischen Originalbezeichnung entnommen und bedeutet firebricks — feuerfeste Steine. Wie aus den Figuren 278, 279 und 282 hervorgeht, wird das Rauhgemäuer der Esse von gusseisernen Säulen getragen, und das feuerfeste Futter, welches die

Fortsetzung des Fuchses bildet, ragt frei in dasselbe hinein, eine Constructionsregel, welche wir auch für die Giessereiflammöfen als unumgänglich hingestellt hatten.

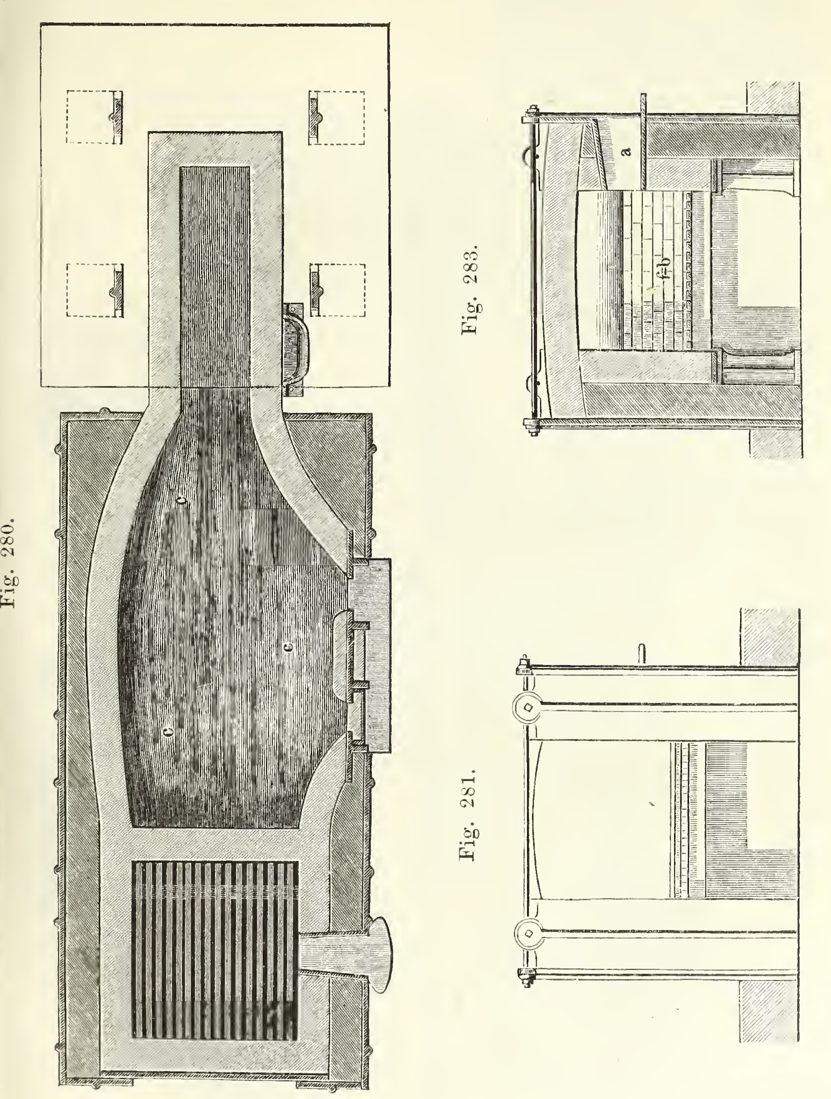



Fig. 280. Fig. 283. Fig. 281.

Die Figuren 286 bis 289 (a. S. 271 ff.) stellen in $^1/_{40}$ der wirklichen Grösse einen Glühofen des Eisenwerks zu Riesa zum Glühen von Eisenblechen in einer Grösse bis zu 1,5 Meter Breite und 3,2 Meter Länge dar, und zwar Fig. 286 einen Längsschnitt durch die Mitte des Herdes, Fig. 287 Grundriss (zur Hälfte Ansicht von oben, zur Hälfte Horizontalschnitt oberhalb der Herdsohle), Fig. 288 auf der linken Hälfte einen

verticalen Querschnitt durch den Herd nach der Linie $AB$ in Fig. 286, auf der rechten Seite einen Verticalschnitt in der Richtung des Fuchses; Fig. 289 eine Ansicht des Ofens von der Stirnseite mit der Arbeitsthür. *a* ist ein Treppenrost für Braunkohlenfeuerung, *b* die Feuerbrücke, *c* der horizontale Herd mit den Längsrippen *d d* zur Auflagerung der Bleche

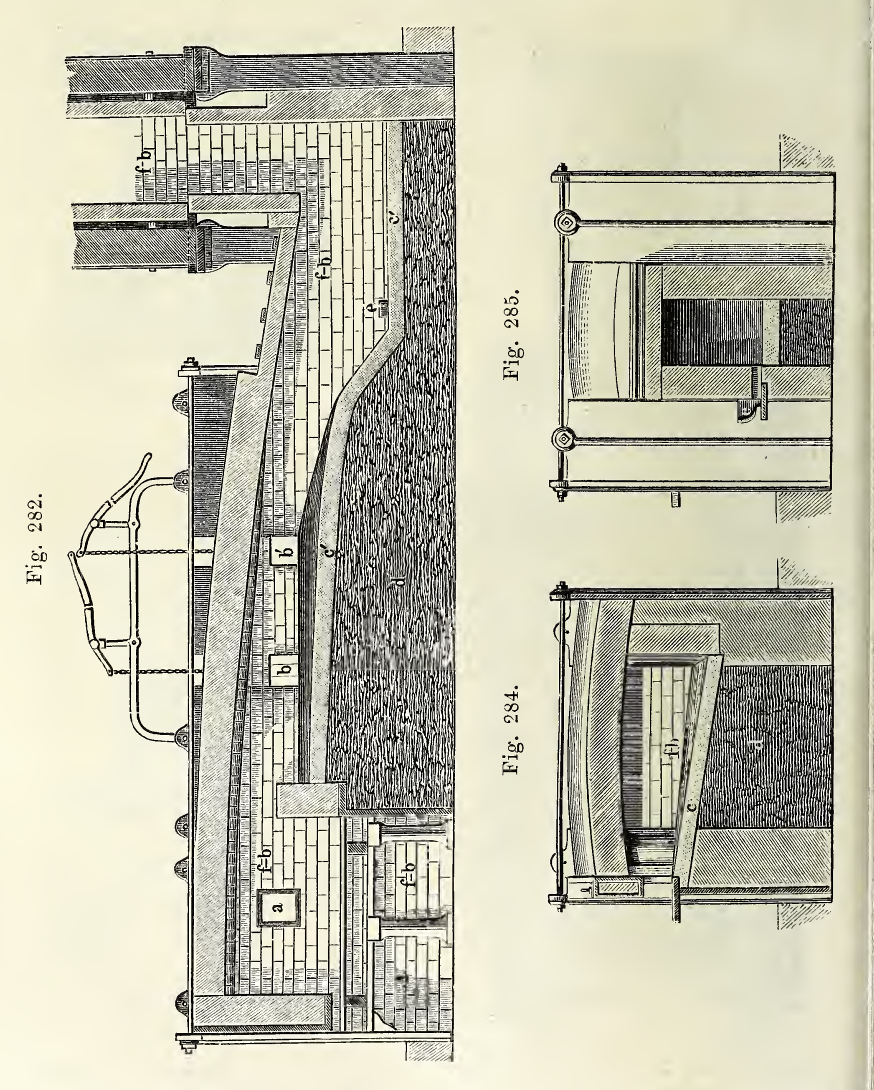



Fig. 282.

Fig. 285.

Fig. 284.

versehen. Die Gase fallen durch den Fuchs *e*, welcher die ganze Breite des Herdes einnimmt, in den unter dem Herde hinstreichenden Canal *f*, und ziehen von hier aus schliesslich durch den mit einem Schieber *h* verschliessbaren Canal *g* nach dem Schornsteine. Der Schieber ist aus Chamotte hergestellt und mit ein- und umgelegten Schmiedeeisenstücken

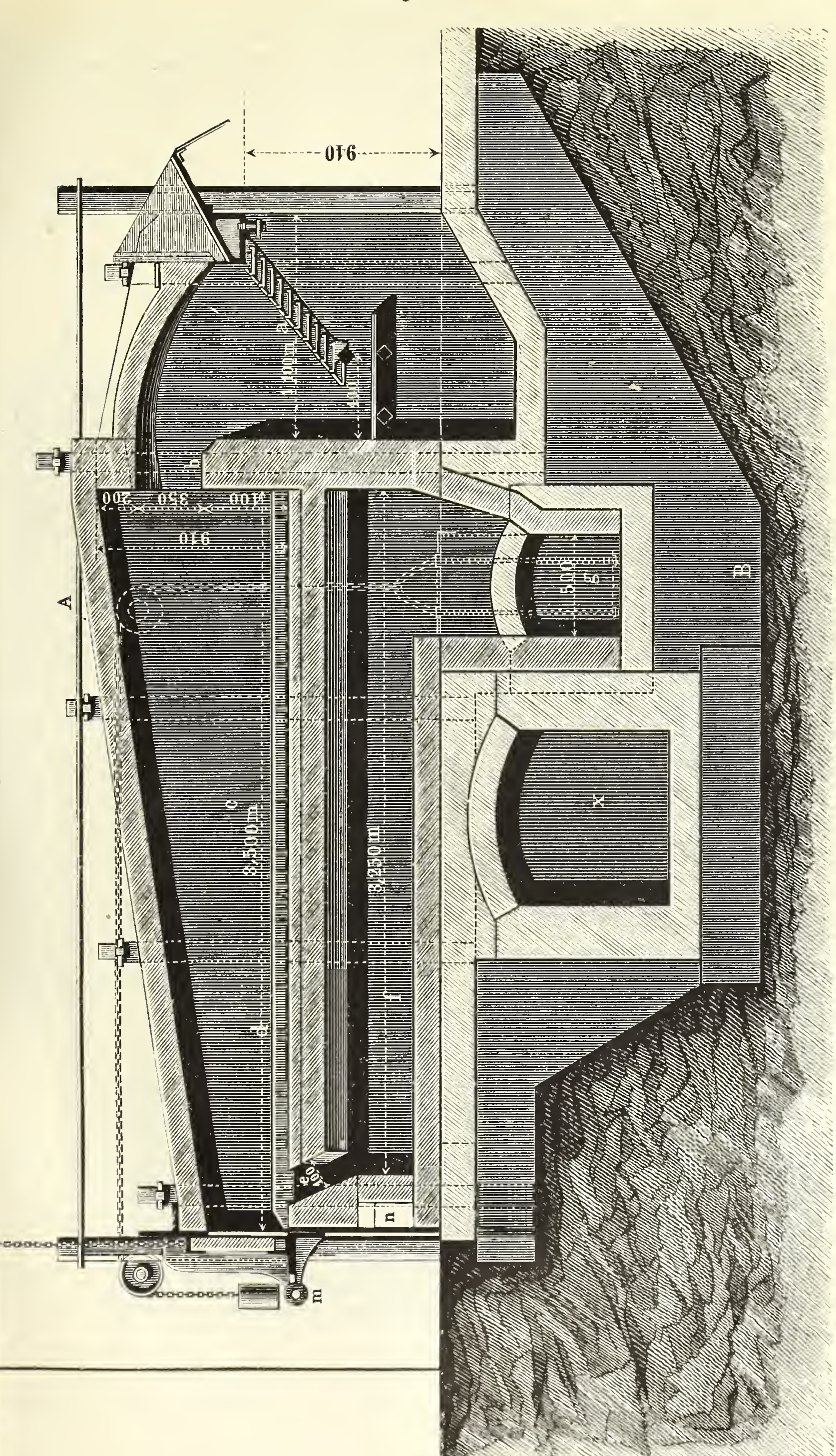



Fig. 286.

armirt. Der in Fig. 286 ersichtliche Canal $x$ steht ohne Beziehung zu dem Ofen und ist nur in Rücksicht auf anderweitige bauliche Verhältnisse unter demselben durchgeführt. Der Herd wird durch die an der

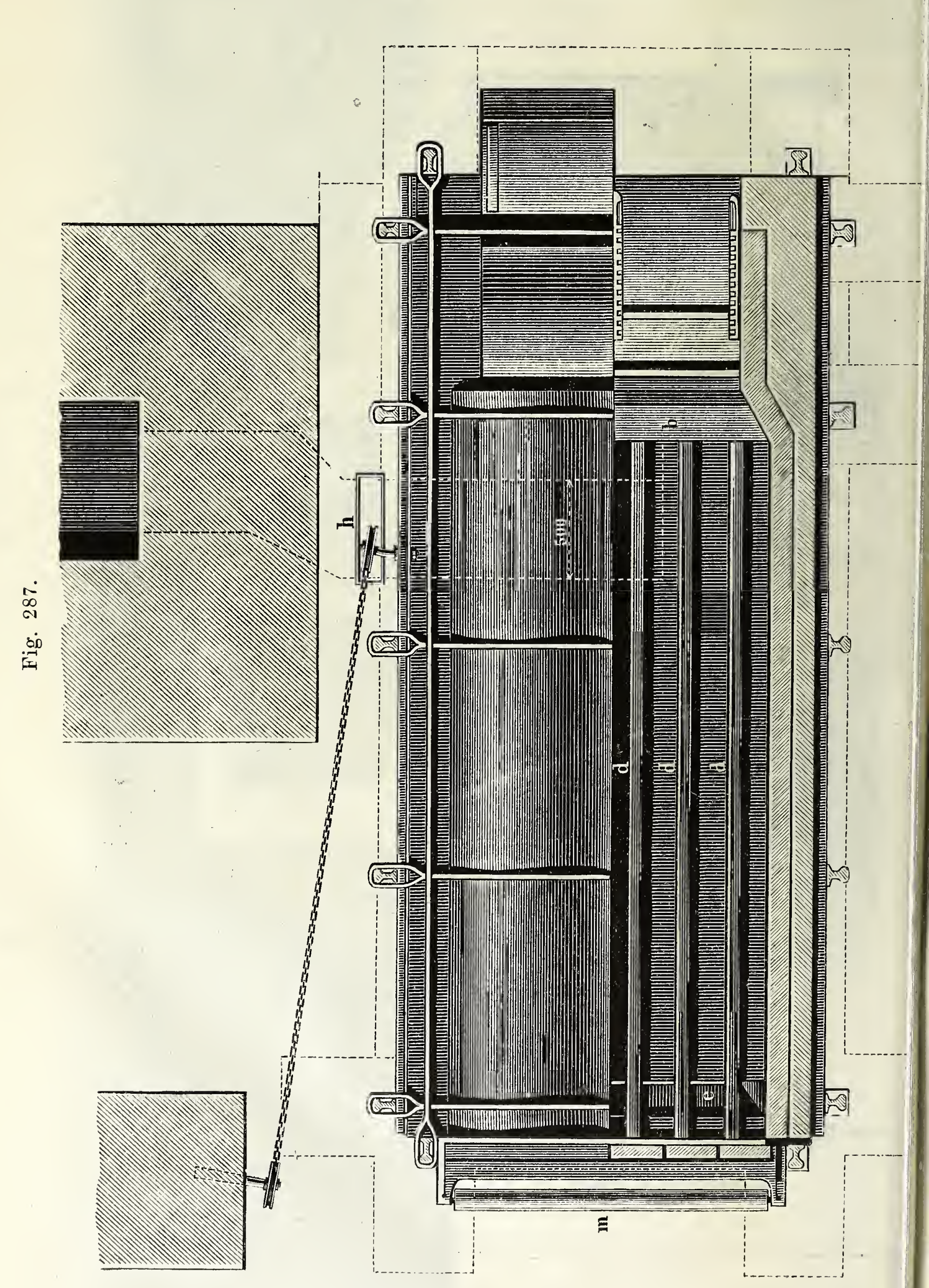
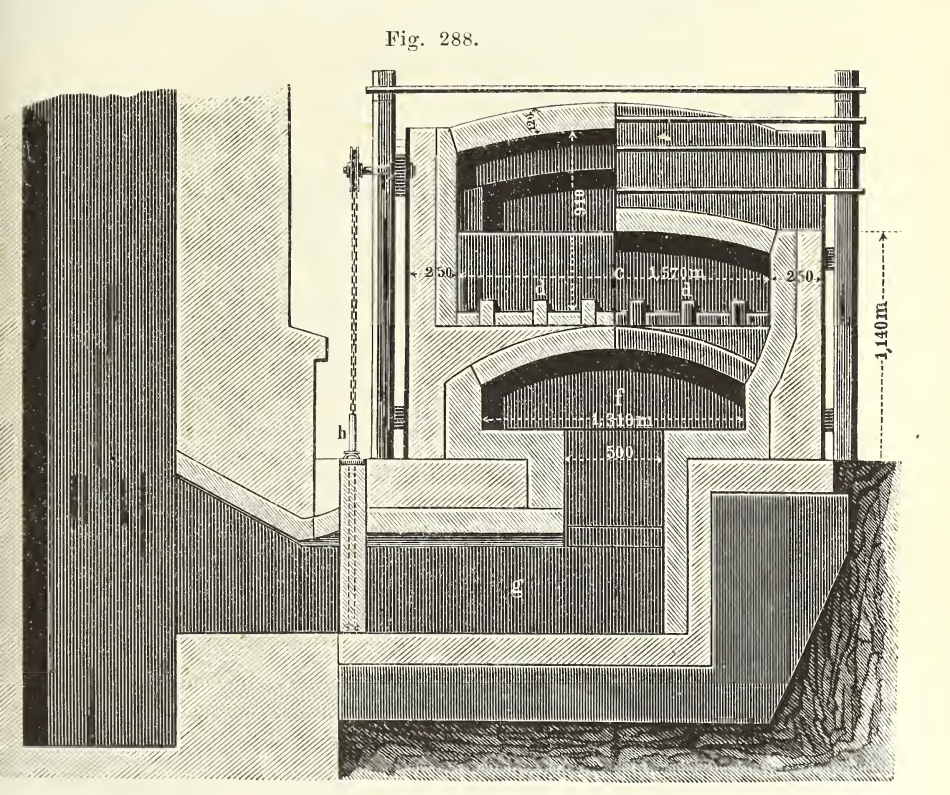



Fig. 287.

ganzen Stirnseite durchlaufende Thür *i* verschlossen, welche kastenförmig aus Gusseisen gebildet und nach der Innenseite mit Chamotte gefüttert ist, theils um der Abnutzung, theils um der Wärmetransmission vorzubeugen. Zwei Ketten *k k*, welche an einem Hebelwerke *l* hängen, dienen zum Aufziehen und Niederlassen der Thür. Vor der Thür ist die horizontale Rolle *m* angebracht, um das Hineinschieben und Herausholen der Blechtafeln zu erleichtern. Die mit einem Chamottesteine zugesetzte Oeffnung *n* dient zum Reinigen des Canals *f* von Flugasche. Der Ofen

Fig. 288.




ist aus Ziegelsteinen mit eingesetztem feuerfestem Futter erbaut und mit Eisenplatten und alten Eisenbahnschienen gerüstet, welche durch schmiedeeiserne Queranker zusammengehalten werden.

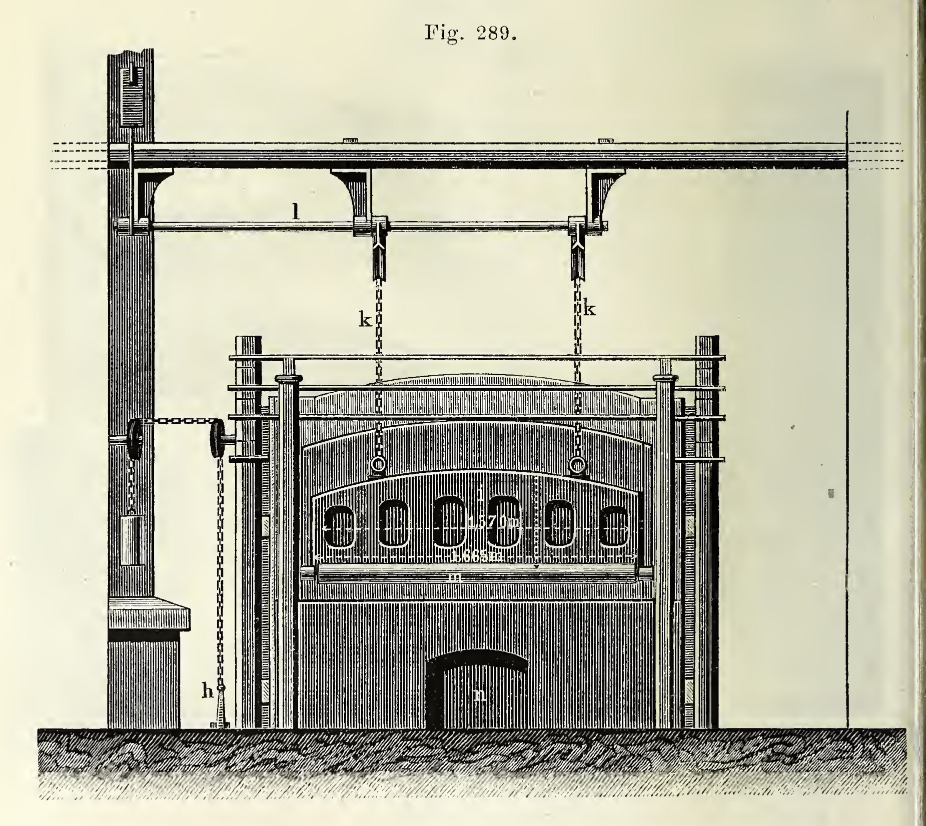
In den Figuren 290 bis 295 ist ein Glühofen zum Glühen von Neusilberblechen, welche durch die Verarbeitung hart geworden sind, in der Fabrik von Jürst in Berlin dargestellt[1]), und zwar in Fig. 290

---

[1]) Aus Wiebe's Skizzenbuch für den Ingenieur und Maschinenbauer. Berlin, Jahrgang 1867, Heft I, Blatt 4.

ein senkrechter Längsschnitt durch den Ofen in der Richtung der Herdachse, in Fig. 291 ein senkrechter Querschnitt durch den Rost, in Fig. 292 senkrechter Querschnitt durch den Fuchs, in Fig. 293 Stirnansicht des Ofens, in Fig. 294 und 295 Ansicht der Transportwagen in grösserm Maassstabe. Nachdem die Gase den Herd bestrichen haben, entweichen sie durch den in der Decke des Ofens angebrachten Fuchs, welcher sich über die ganze Breite des Ofens hinzieht. Eigenthümlich und der Beachtung werth ist die Vorrichtung zum Hinein- und Hinausschaffen der Bleche. Auf der Sohle des horizontalen Herdes

Fig. 289.




befinden sich Schienen, auf welchen zwei eiserne Wagen mit durchbrochenen Böden laufen, die zur Aufnahme der Bleche dienen. Diese „Einschiebewagen" werden, sobald sie den Ofen verlassen, von einem grössern Transportwagen aufgenommen, gleichfalls auf Schienen laufend, welcher das Walzwerk mit dem Glühofen verbindet. Indem man auf diese Weise die vorher beladenen Wagen in den Ofen einschiebt, vermeidet man einestheils den Wärmeverlust bei dem längeren Oeffnen des Ofens, ausserdem aber, was der Hauptzweck sein wird, die Entstehung

jener kleinen Kritzeln und Riefen auf der blanken Oberfläche durch das Scheuern auf der Herdsohle, welche bei dem Hineinschieben und Heraus-

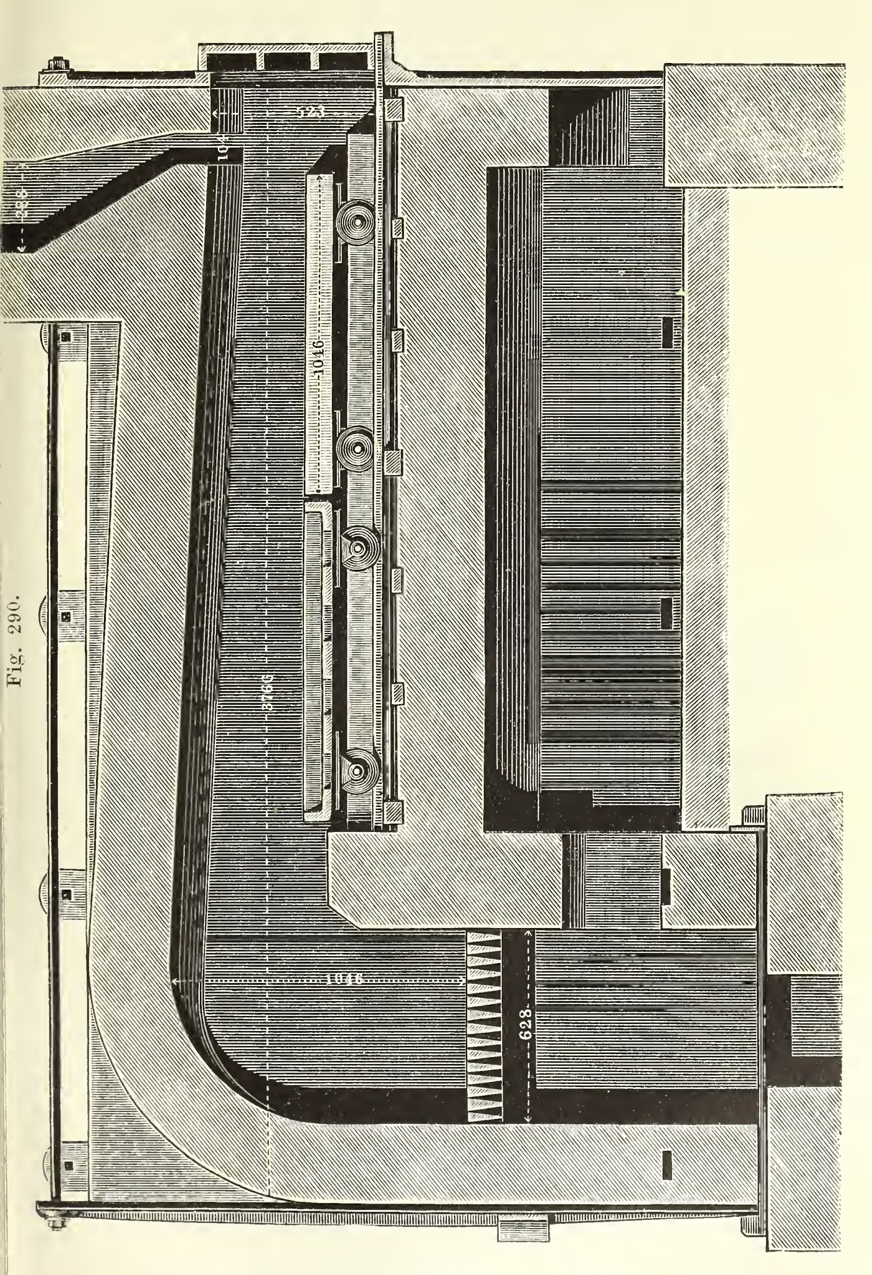
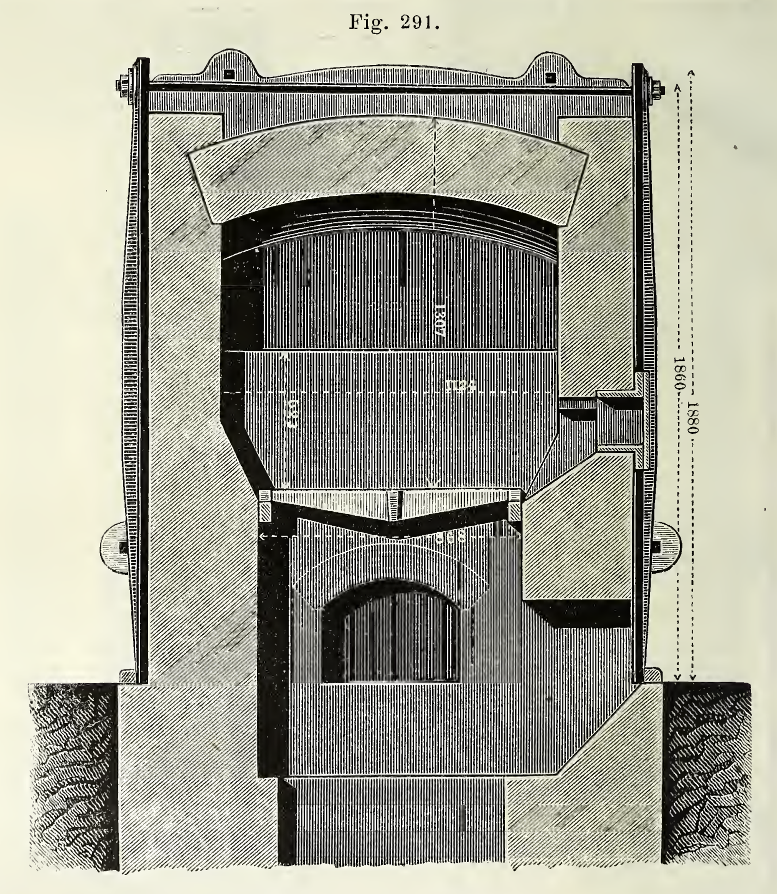



Fig. 290.

ziehen der Bleche ohne Wagen unvermeidlich sein würde. Die Thür befindet sich wie gewöhnlich auf der Stirnseite des Ofens und wird ver-

mittelst einer Kette bewegt, welche über zwei an der Stirnplatte auf einem gemeinschaftlichen gusseisernen Träger (vergl. Fig. 293) gelagerte Rollen geführt ist und an dem andern Ende ein Gegengewicht zur Ausgleichung des Thürgewichts trägt.

Fig. 291.




Als zweckmässig darf bei Schweiss- und Glühöfen die Anwendung von Unterwind bezeichnet werden, wenn die Erzeugung desselben in billiger Weise zu bewirken ist. Man bezeichnet mit dem Ausdrucke „Unterwind", wie schon früher erwähnt, einen Windstrom, welcher unter den Rost in den in diesem Falle luftdicht verschlossenen Aschenfall geleitet wird. Nach den in die Oeffentlichkeit gelangten Resultaten über den Erfolg dieser Einrichtung hat sich die Production der Oefen vergrössert, und es darf angenommen werden, dass auch eine Ersparung an Brennmaterial, auf die Gewichtseinheit des erhitzten Eisens bezogen, damit erzielt worden sei; aus den früher hervorgehobenen Ursachen (vergl. S. 254) dürfte auch, besonders bei Schweissöfen, eine Verringerung des Abbrandes zu erwarten sein. Wie auch Wedding hervor-

Fig. 292.

Fig. 293.

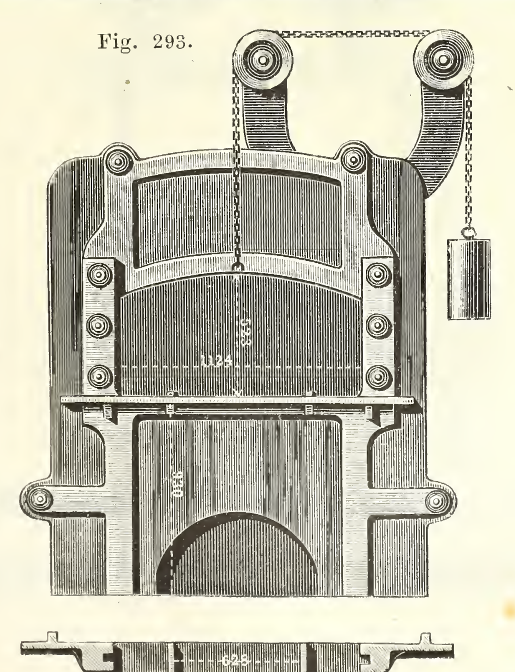


Fig. 294.

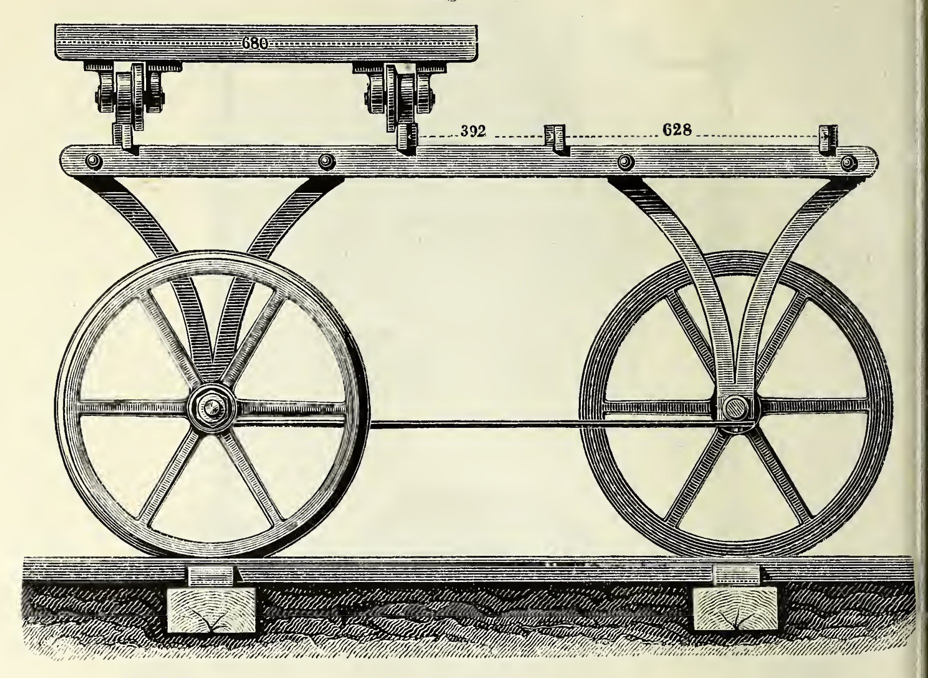



Fig. 295.

hebt[1]), ist man bei Anwendung von Unterwind im Stande, stärkere Brennmaterialschichten auf dem Roste zu erhalten, also den Rost tiefer zu legen und eine reducirende Flamme zu erzeugen, ein Umstand, welcher besonders bei Glühöfen für die Anwendung von Unterwind sprechen dürfte.

Die einfachste und billigste Erzeugung von Unterwind wird nun durch ein Dampfstrahlgebläse bewirkt, welches unmittelbar neben dem Ofen aufgestellt ist (vergl. Fig. 80 auf S. 84); und da die erforderliche Windpressung kaum jemals höher als 60 Mm. Wassersäule steigen wird, meistens sich zwischen 30 bis 50 Mm. Wassersäule bewegt (man steigert so lange die Pressung, als die Arbeiter nicht von den aus den Arbeitsthüren tretenden Gasen belästigt werden), so entspricht eine solche Verwendung des Dampfstrahlgebläses gerade der früher erörterten Eigenthümlichkeit desselben, einen um so günstigern Effect zu liefern, je niedriger die hervorzubringende Windpressung ist. Nun befindet sich aber in der Nähe jedes Schweiss- oder Glühofens irgend eine grössere maschinelle Vorrichtung für die Arbeit der Formveränderung des Metalls, zu deren Betriebe Dampfkraft benutzt zu werden pflegt, so dass auch geheizte Dampfkessel in der Nähe sind; und hierdurch fällt von selbst die Schwierigkeit hinweg, welche sich der Anwendung von Unterwind, insbesondere auch eines Dampfstrahlgebläses, bei Giessereiflammöfen bisweilen entgegenstellt.

Aus der Art und Weise der Wirkung der Herdflammöfen folgt — und es wurde dieser Umstand bei Besprechung der Giessereiflammöfen mehrfach hervorgehoben —, dass die Verbrennungsgase den Ofen mit einer hohen Temperatur verlassen müssen und demgemäss beträchtliche Wärmemengen ungenutzt mit fortführen. Bei den Giessereiflammöfen erschwert der Umstand, dass die meisten derselben nur sehr unterbrochen im Betriebe zu sein pflegen, eine weitere Ausnutzung dieser entweichenden Wärme; bei den Schweiss- und Glühöfen, welche ununterbrochen während der sechs Wochentage im Betriebe zu sein pflegen, fällt jenes Bedenken fort, und vom ökonomischen Standpunkte aus ist deshalb eine möglichst vernunftgemässe Ausnutzung jener Wärme dringend geboten.

Ueberall, wo Dampfkraft zum Betriebe der zu den Oefen gehörenden formgebenden Maschinen benuzt wird, ist die Heizung der dafür erforderlichen Dampfkessel die einfachste und deshalb auch zweckmässigste Lösung der Aufgabe, die abziehende Wärme (Abhitze) der Oefen zu benutzen, vorausgesetzt, dass dieselbe nicht, wie bei einigen sogleich zu besprechenden Oefen mit Gasfeuerung, durch Erhitzung der frisch zuströmenden Brennstoffe (Gase und Luft) wieder in den Ofen zurückgeführt und somit zur Erhöhung der Temperatur in demselben benutzt wird.

Ueber die Anordnung der Kessel und Oefen gegen einander in solchen Fällen werden unten bei Besprechung der Anlagen der Werkstätten einige Mittheilungen gegeben werden.

---

[1]) Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 173.

## Herdflammöfen mit Gasfeuerung.

Wie bereits mehrfach hervorgehoben wurde, treten die Vorzüge der Gasfeuerungen bei technischen Anlagen den Schwächen und Nachtheilen derselben gegenüber in ein um so günstigeres Licht, je ununterbrochener der Betrieb des zu heizenden Apparats vorwärts geht; sie verschwinden zum grossen Theile, wenn, wie bei den meisten Giessereiflammöfen, ein nur periodischer und kurze Zeit andauernder Betrieb erforderlich wird.

Bei den meisten Schweiss- und Glühöfen aber pflegt der Betrieb ununterbrochen während mindestens sechs Tagen und Nächten anzudauern, und aus diesem Grunde hat sich die Anwendung der Gasfeuerungen gerade bei diesen Apparaten meistens in glänzender Weise bewährt.

Die hierher gehörigen Einrichtungen sind zahlreich. Bei den älteren derselben wurden die Gase vom Generator in mehr oder minder langen Leitungen nach dem Ofen geführt und hier gewöhnlich durch einen gepressten, von oben zugeführten Luftstrom verbrannt, welcher häufig in einem eisernen Winderhitzungsapparate durch die abziehenden Gase erhitzt wurde und dadurch einen Theil der entweichenden Wärme wieder in den Ofen zurückführte. Dieses System hatte zwei grosse Uebelstände. Erstens fand in Folge der Zuführung der Verbrennungsluft oberhalb der Feuerbrücke die grösste Wärmeentwickelung erst ungefähr in der Mitte des Herdes oder noch darüber hinaus statt, und somit blieb die Ausnutzung der Wärme eine ungünstige, zweitens bedurften die eisernen Winderhitzer sehr häufiger Reparaturen.

Unter den Feuerungssystemen, welche eine Beseitigung dieser Nachtheile anstrebten, mögen nur die in jetziger Zeit für Schweiss- und Glühöfen üblichsten Erwähnung finden.

Am einfachsten unter diesen ist die Construction des Bicheroux-Ofens, dessen Generator und Gasleitung nebst dem hintern Theile des Schweissofens in der ursprünglichen Anordnung in Fig. 296 und 297 abgebildet ist[1]). Es ist hier $A$ der geräumige Generator (2,5 Meter breit, 2 Meter lang) mit geneigtem Planroste, $B$ ein langer sich allmälig verengender Canal zur Fortleitung der Gase, $C$ ein verticaler Canal, in welchem die Gase mit atmosphärischer, durch die Esse angesaugter Luft gemischt werden, um dann brennend über die Feuerbrücke hinweg nach dem Herde des Ofens zu ziehen. Die Verbrennungsluft wird — wie auch in Fig. 296 angedeutet ist —, bevor sie in den Raum $C$ gelangt, durch ein System von Canälen innerhalb des Ofenmauerwerks hindurchgeführt, in welchem sie vorgewärmt wird.

Die Bicheroux-Oefen unterscheiden sich demnach von den älteren Gasöfen vornehmlich durch die Form und insbesondere den grossen Fas-

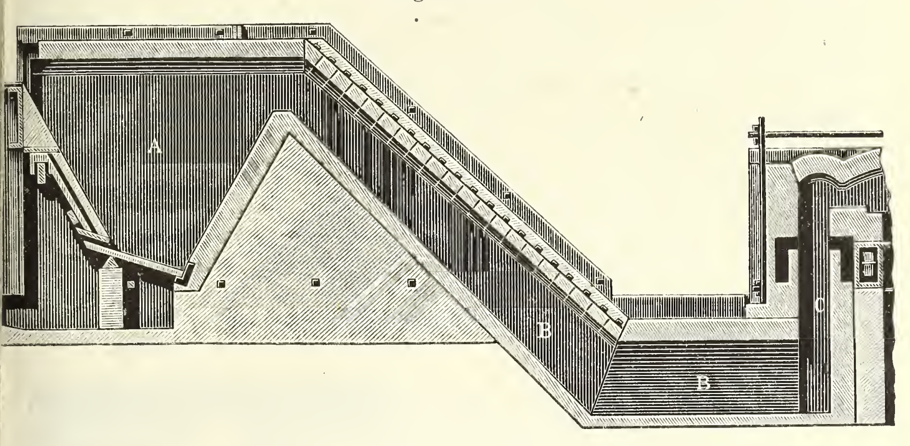
---

[1]) Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1874, S. 434; Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 715.

sungsraum des Generators, wodurch ein gleichmässiger Betrieb erzielt wird, ferner durch die jedenfalls zweckmässige Mischung der Gase mit Verbrennungsluft, bevor sie den Herd erreichen, so dass die nach der Mischung eintretende Wärmeentwickelung dem letztern zu gute kommt. Nach dem Verlassen des Ofens werden die Gase zur Kesselfeuerung benutzt.

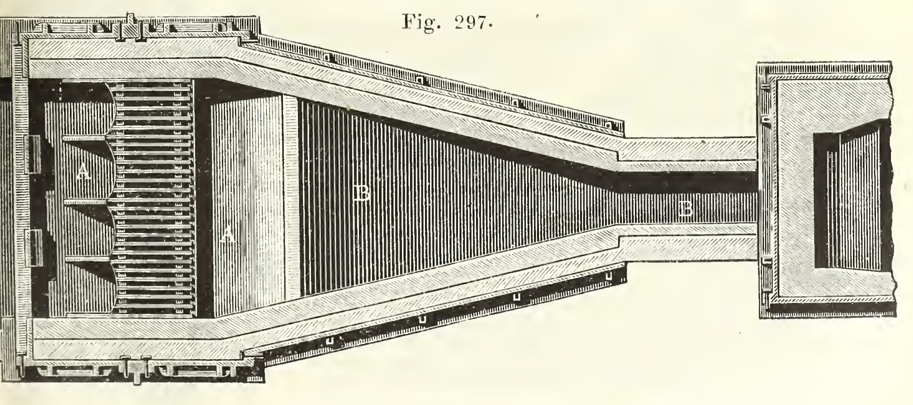
In neuerer Zeit hat man, wie dem Verfasser von befreundeter Seite mitgetheilt wurde, mehrere bemerkenswerthe Verbesserungen jener ältern

Fig. 296.




oben abgebildeten Construction angebracht, oder richtiger ausgedrückt, man hat die ursprüngliche Construction der jedesmaligen Beschaffenheit

Fig. 297.




der zur Verwendung kommenden Kohlen (Stein- und Braunkohlen) entsprechend variirt. Besonders scheint man auf Eisenhüttenwerken Oesterreichs und Ungarns, für welche Länder das Patent durch A. Prochaska u. Co. in Wien erworben wurde, eifrig in dieser Richtung vorgegangen zu sein (Johann-Aldolfhütte in Steyermark, Altsohl bei Schemnitz in Ungarn, Grazer Eisenwaarenfabrik, Grazer Südbahnwalzwerk und verschiedene andere).

Diese Veränderungen beziehentlich Verbesserungen des ursprünglichen Ofens bestehen:

1) in der Anbringung eines Treppenrostes von 45 Grad Neigung in der Rückwand des Ofens, besonders für Braunkohlenfeuerung geeignet;

2), und diese Aenderung verdient vorzugsweise Beachtung, in der Weglassung des langen Canals *C*, welcher wärmeentziehend wirkt, und unmittelbarer Verbindung des Generators mit dem Schweissofen. Zu diesem Zwecke wird der Generator vertieft unter die Hüttensohle gelegt, und man lässt aus demselben da, wo in Fig. 296 der Canal *B* beginnt, die Gase unmittelbar durch den senkrechten Canal *C* nach dem darüber liegenden Schweissofen emporsteigen (vergl. Fig. 298). Erwägt man, dass die Bildung gewisser Procente Kohlensäure im Generator unvermeidlich ist, dass dadurch Wärme erzeugt wird, welche in der langen Leitung zum grossen Theile verloren geht, bei unmittelbarer Verbindung des Ofens mit dem Generator aber ausgenutzt werden kann, so dürfte das Zweckmässige dieser Einrichtung für alle solche Fälle einleuchten, wo nicht etwa eine Condensation reichlich entwickelter Wasserdämpfe beabsichtigt wird [1].

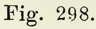


Fig. 298.

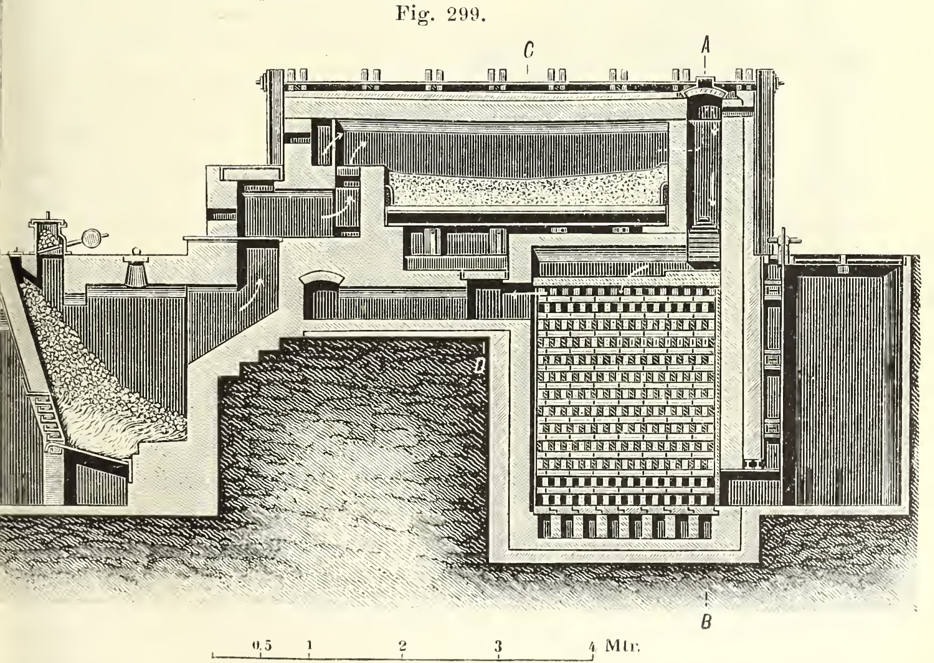
[1] Durch diese Aenderung wird der Bicheroux-Ofen dem schon früher bekannten und auch jetzt noch mehrfach angewendeten Boëtius-Ofen sehr ähnlich; vergl. Kerl, Grundriss der Eisenhüttenkunde, S. 301; Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1869, S. 452.

Die Fig. 298 kann zur Veranschaulichung eines solchen für Braunkohlenfeuerung bestimmten Bicheroux-Ofens zu Johann-Adolfhütte dienen. Der Generator ist 2050 Mm. breit, während die Breite des Canals *C* 1420 Mm. beträgt. *x x* sind Canäle für die Verbrennungsluft.

Eine ausserdem mit gutem Erfolge durchgeführte Neuerung ist die Zuleitung von Unterwind unter den Rost bei geschlossenem Aschenfall, besonders dann empfehlenswerth, wenn man Klarkohle zu verarbeiten hat.

Der Hauptvortheil der Bicheroux-Oefen liegt in einer Verringerung des Brennstoffverbrauchs im Vergleiche zu den Oefen mit directer Feuerung, hauptsächlich als Folge einer vollständigern Verbrennung des Materials. Denn einestheils werden durch Anwendung des geräumigen Gasgenerators jene Abkühlungen beim Schüren auf ein geringstes Maass reducirt, welche bei directer Feuerung sich jedesmal durch die Entwickelung eines dicken Qualms aus dem Schornsteine bemerkbar machen; und anderntheils wirkt unstreitig die Zuführung erwärmter Luft zu dem bereits vergasten Brennstoffe ungemein günstig auf die Verbrennung, welche an der für die Wärmeausnutzung geeignetsten Stelle vor sich geht.

Fig. 299.

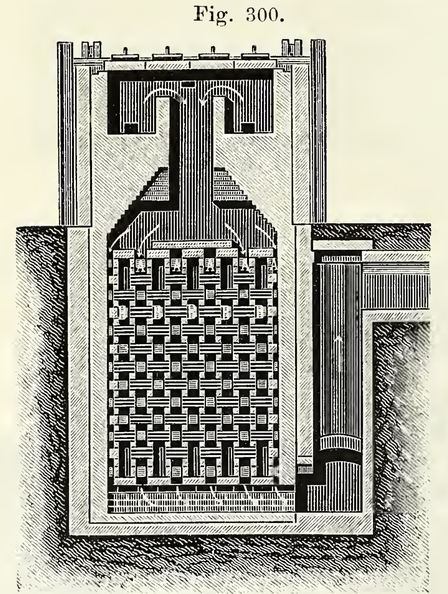



Weniger einfach ist die Ponsard'sche Feuerung, durch die Figuren 299 und 300, einen mit dieser Feuerung versehenen Schweissofen darstellend, erläutert[1]).

[1]) Wedding, op. cit. S. 716.

Die aus dem Generator kommenden Gase werden, bevor sie über die Feuerbrücke gelangen, mit Luft gemischt, streichen demgemäss brennend über den Herd hinweg und treten nun in einen Raum ein, welcher zur Erwärmung der Verbrennungsluft dient. Ponsard nennt diesen Lufterhitzungsapparat einen beständig wirkenden Regenerator, obschon die Art der Wirkung eine völlig andere ist, als bei den Regeneratoren der Siemens-Feuerungen [1]). Derselbe, aus feuerfestem Materiale erbaut, enthält nämlich eine grosse Anzahl Canäle *BB*, welche von der atmosphärischen Luft durchstrichen werden, während die heissen Verbrennungsgase durch die Canäle *A* abwärts ziehen und dabei jene von aussen erhitzen. Die Erhitzung der Luft findet also durch Wärmetransmission statt und ist in Folge der reichlichen Oberfläche der Luftcanäle eine nicht unbeträchtliche. Die erhitzte Luft streicht dann in der Richtung des Pfeils in Fig. 299 weiter und trifft nun, wie oben beschrieben, die unmittelbar aus dem Generator kommenden, also noch ziemlich heissen Gase. In Folge dieser vorausgehenden Erhitzung der Luft ist nicht nur die Verbrennung eine sehr vollständige, sondern es wird auch jener Theil Wärme, welchen die Luft in dem Erhitzungsapparate aufnimmt, dem Ofen wieder zurückgebracht und dadurch nicht allein die gleiche Menge Wärme erspart, sondern auch die Temperatur höher gesteigert, als wenn diese Wärme durch eine äquivalente Menge Brennstoff erzeugt worden wäre, so dass, wenn jene Temperatursteigerung nicht beabsichtigt war, thatsächlich mehr Brennstoff erspart werden kann, als zur Entwickelung der in den Ofen zurückgeführten Wärme erforderlich gewesen sein würde [2]). In dieser Hinsicht geben also die Ponsard'schen Feuerungen eine ähnliche Wirkung als die früher erfundenen Siemens'schen, deren allgemeine Einrichtung schon bei den Giessereiflammöfen beschrieben wurde, sind aber in ihrer Anlage wie in der Wartung einfacher, da statt der vier Siemens'schen Regeneratoren nur ein einziger vorhanden ist und das Umschalten des Gas- und Luftstromes vollständig wegfällt. Diese Vortheile haben den Ponsard'schen Feuerungen für Schweiss- und Glühöfen in Belgien, Frankreich und im westlichen Deutsch-

Fig. 300.



[1]) Besser dürfte der neuerdings angenommene Name „Recuperator“ für diesen Apparat sein. [2]) Vergl. S. 258.

land manche Freunde und eine nicht unerhebliche Verbreitung verschafft. Als Hauptnachtheil derselben gilt der Umstand, dass es schwierig ist, die Luftcanäle unter den Einwirkungen der Erhitzung so dicht zu erhalten, dass nicht aus denselben Luft direct in die Feuercanäle übertritt, also nicht allein ungenutzt entweicht, sondern obenein Wärme entführt und den Apparat abkühlt. Dieser Uebelstand und die damit verknüpften Reparaturen können allerdings nach Ueberzeugung des Verfassers schwer genug wiegen, um gerechtfertigte Bedenken gegen die Einführung des Ponsard'schen Feuerungssystems wach zu rufen.

Eine dritte Gattung der Gasfeuerungen für Schweiss- und Glühöfen wird durch die bereits vielfach erwähnten Siemens'schen Regenerativöfen gebildet, unter den drei genannten die ältesten, in den Anlagekosten theuersten, in der Construction und Wartung schwierigsten, in der Leistung aber auch wohl unerreichten Feuerungsanlagen darstellend. Denn da hier sowohl Gas als Verbrennungsluft in den Regeneratoren auf eine hohe Temperatur erwärmt werden, bevor sie sich zum Zwecke der Verbrennung mischen, so kann jene bei den Ponsard-Oefen besprochene Temperatursteigerung beziehentlich Brennstoffersparung in erhöhtem Maasse stattfinden; eben diese Erhitzung des Gases gleicht aber auch die Vortheile aus, welche bei den Ponsard- und neueren Bicheroux-Oefen die Benutzung der aus dem Generator mitgenommenen Wärme bietet, und lässt es in vielfachen Verhältnissen zweckmässig erscheinen, auch ein geringwerthigeres, wasserreicheres Brennmaterial durch Einschaltung eines Condensationsapparates in die Gasleitung zu einem Gase von ausreichend hohem Brennwerthe zu verarbeiten. Diese Anwendung einer längern Gasleitung macht es aber andererseits möglich, in grösseren Anlagen den einzelnen Ofen unabhängig von einem bestimmten Gasgenerator zu machen und die gesammte Gaserzeugung gewissermaassen zu centralisiren, indem man die Gase sämmtlicher vorhandenen Gasgeneratoren in ein gemeinschaftliches Sammelrohr und aus diesen den einzelnen Oefen zuführt.

Die allgemeine Einrichtung eines Siemens'schen Schweiss- oder Glühofens wird sich ohne Weiteres aus den früher gegebenen Abbildungen (Figuren 222 bis 226 auf S. 258 ff.) herleiten lassen, wenn man sich anstatt des vertieften Herdes dieses letztern einen flachen nach der Rückseite des Ofens geneigten und an der tiefsten Stelle mit Schlackenabfluss versehenen Sandherd vergegenwärtigt. Im Uebrigen verweisen wir auf die unten gegebene Literatur und Nachweisung von Abbildungen.

## Betrieb und Arbeitsverfahren.

Bei Schweiss- und Glühöfen für rohe Blöcke bedient man sich gewöhnlich einer breiten Schaufel, um die zu schweissenden Metallstücke in den Ofen zu schieben. Man legt das Metall auf die Schaufel, während diese auf der Thürschwelle ruht, dann wird die Thür aufgezogen, der

Block (Bramme) oder die zu einem „Packete“ zusammengelegten Metallstücke in den Ofen gestossen, die Schaufel rasch zurückgezogen und die Thür geschlossen.

Zur günstigern Wärmeausnutzung bringt man, wie schon erwähnt, auf manchen Werken die letzten Stücke an die weniger erhitzten Stellen des Ofens und schiebt sie allmälig nach den heisseren Stellen vor, wenn die dort befindlichen früher eingesetzten Stücke herausgenommen sind. Dadurch wird allerdings ein öfteres und längeres Oeffnen der Thüren erforderlich, welches unter Umständen erhöhten Abbrand und Abkühlung des Ofens zur Folge haben kann. Wenn der Arbeiter erkennt, dass die richtige Erhitzung erreicht ist, werden bei Schweissöfen die Stücke mit Hülfe einer breiten Brechstange gewendet, so dass die bis dahin auf der Sohle des Herdes befindlichen und weniger stark erhitzten Theile gleichfalls der stärkern Erhitzung ausgesetzt werden. Beim Glühen von halbfertigen oder fertigen Gegenständen ist ein solches Wenden unthunlich. Schliesslich wird nach dem Oeffnen der Thür das Metallstück mit einem Haken auf die Thürschwelle gezogen, dort mit einer entsprechend grossen Zange erfasst und mit Hülfe eines zweirädrigen eisernen Wagens nach seinem Bestimmungsorte geschafft. Bei Oefen mit stark saugender Esse, insbesondere also bei allen Schweissöfen ohne Unterwind, belegt man die Thürschwelle und Fugen, so lange die Thür geschlossen ist, mit Steinkohlen, um das Eindringen unverzehrten Sauerstoffs zu hindern.

## Betriebsresultate und Wirkungsgrad.

Der Abbrand ist wie bei den Schmiedefeuern ein sehr verschiedener, je nachdem grössere oder kleinere Metallstücke erhitzt werden, höhere oder weniger hohe Temperatur gegeben wird. Bei Schweissöfen rechnet man etwa 8 bis 20 Proc. Abbrand; beim Glühen von Kupfertafeln 1 bis 3 Proc.; beim Messing, welches erst nach der Verarbeitung geglüht wird, $^1/_2$ Proc.

Der Brennstoffaufwand in Schweissöfen, um 100 Kilogramm Eisen zu erhitzen, schwankt nach Art des Fabrikats bei directer Feuerung von 40 bis 100 Kilogramm Steinkohle, im Gasschweissofen erheblich weniger. Im Bicheroux-Ofen wird der Brennstoffaufwand ein höherer sein als in den Ponsard- und Siemens-Oefen, doch giebt ersterer bei Anwendung von Dampfkraft den nicht zu unterschätzenden Vortheil, dass die abziehenden Gase zur Kesselfeuerung benutzbar bleiben, ein Umstand, der in vielen Fällen den höhern Brennstoffaufwand beim Schweissen und Glühen ausgleichen dürfte.

Nach Gruner gebraucht man, um im Herdflammofen mit directer Feuerung Eisenstäbe auf helle Rothgluth (1100 Grad Celsius) zu erhitzen, 40 bis 50 Kilogramm Steinkohlen, in den günstigsten Fällen 30 Kilogramm, während die aufgenommene Wärme 200 bis 210 Wärmeeinheiten beträgt. Bei einer Wärmeleistung der Kohlen von 7000 Wärmeeinheiten würde demnach der Wirkungsgrad des Ofens, einen durch-

schnittlichen Kohlenverbrauch von 40 Kilogramm angenommen, sich beziffern auf

$$E = \frac{210 \times 100}{40 \times 7000} = 0{,}08.$$

In den Siemens-Oefen zu Bochum gebraucht man zum Wärmen des Stahls 17 Kilogramm Steinkohlen, während dieser 180 bis 200 Wärmeeinheiten aufnimmt; demnach Wirkungsgrad bei Siemens-Oefen:

$$E = \frac{190 \times 100}{17 \times 7000} = 0{,}16.$$

In Seraing gebraucht man im Ponsard-Ofen zum Erhitzen des Stahls 18 bis 20 Kilogramm Steinkohlen; demnach Wirkungsgrad des Ponsard-Ofens:

$$E = \frac{190 \times 100}{19 \times 7000} = 0{,}14.$$

## Dritte Gruppe. Gefässöfen.

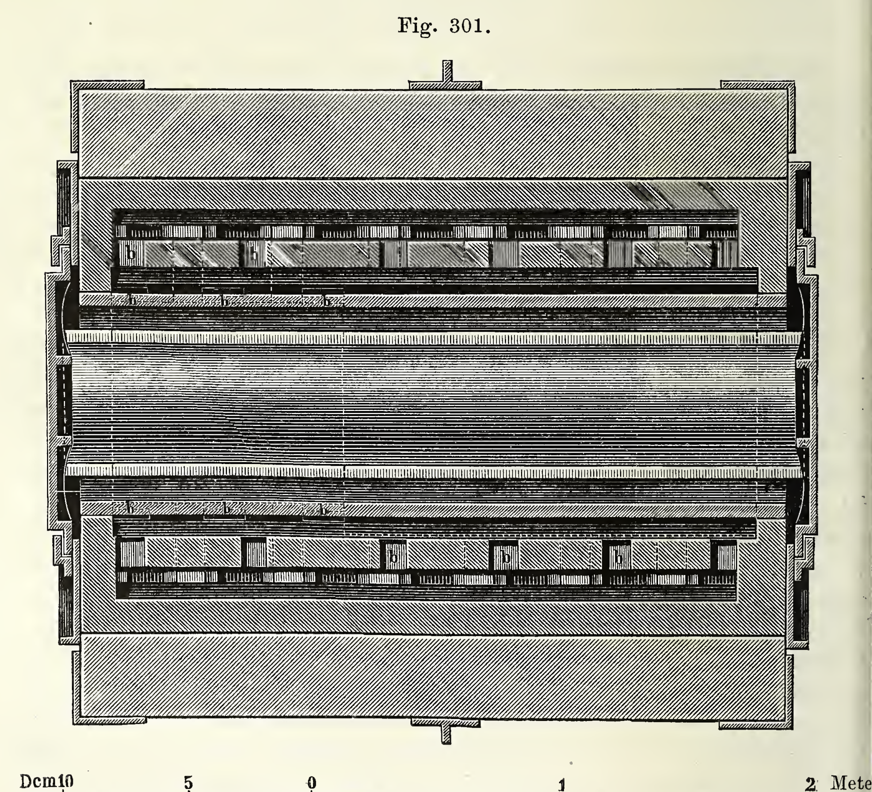
Das Metall befindet sich in einem geschlossenen Behälter, welcher von aussen erhitzt wird. Daher ist die Einwirkung des Brennmaterials und der aus demselben entwickelten Gase völlig ausgeschlossen; die Einwirkung der atmosphärischen Luft wenigstens auf diejenige Menge derselben beschränkt, welche mit dem Metalle in dem Gefässe eingeschlossen ist. Die Wärmeabgabe an das Metall geschieht in Folge einer Transmission durch die Gefässwände, geht also langsamer und unvollkommener vor sich, als in den zuerst beschriebenen beiden Gruppen von Erhitzungsapparaten. Man benutzt deshalb diese Gefässöfen nur zum Glühen in Rothgluth oder geringerer Temperatur; entweder für solche halbfertige Gegenstände, bei denen durch die Entstehung chemischer Bildungen an der Oberfläche unter Einfluss der Flamme und atmosphärischen Luft, insbesondere aber durch die Ablagerung staubförmiger, mechanisch niederfallender Körper (Asche, Kohlenpartikelchen), welche sich festsetzen und bei der nachfolgenden Einwirkung von Stoss- oder Druckkräften in die Oberfläche eingedrückt werden können, eine Beeinträchtigung der Beschaffenheit des Fabrikats zu befürchten ist (Bleche aus Zink, Neusilber und anderen Metallen, welche mit möglichst glatter Oberfläche aus dem formgebenden Processe hervorgehen sollen), oder für fertige Gegenstände mit so geringen Querschnitten, dass die Anwendung eines Herdflammofens für diesen Zweck nicht ausreichende Begründung findet (Drähte).

Die benutzten Gefässe und Feuerungseinrichtungen sind den verschiedenen Zwecken entsprechend sehr mannigfacher Art. Für die kleinsten Gegenstände dienen cylindrische Kessel aus Gusseisen oder Eisenblech mit senkrechter Achse, welche zur Rothgluth durch ein unter denselben angebrachtes Feuer erhitzt werden; statt der Kessel benutzt man

auch, besonders für einen ununterbrochenen Betrieb, horizontale Behälter von verhältnissmässig geringem Querschnitt und grosser Länge, vorn durch einen Deckel geschlossen, aus Gusseisen oder Chamottemasse hergestellt und den Retorten der Gasanstalten in Form und Einmauerung ganz ähnlich; für grössere Gegenstände dienen Muffelöfen oder kastenförmige Behälter, welche von der Flamme umspült werden.

Die Figuren 301 bis 304 stellen einen Muffelofen zum Glühen von Neusilberblechen in der Fabrik von Jürst in Berlin dar[1]). Die Muffel

Fig. 301.

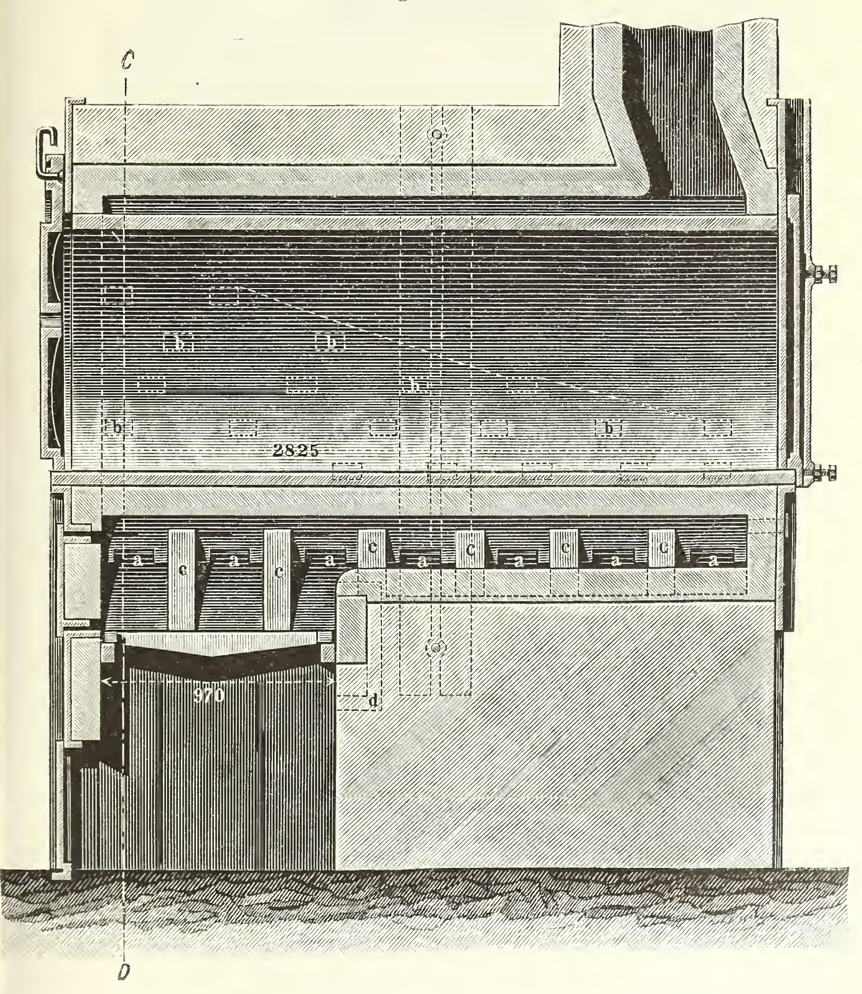



besteht aus Gusseisen, ruht auf einer feuerfesten Wölbung oberhalb des Feuerraums und wird von allen Seiten von den Feuerungsgasen umspült. Dieselben steigen durch die in dem Gewölbe angebrachten Canäle *a a* aufwärts, dringen durch die kleineren Oeffnungen *b b* in den Raum, welcher die eigentliche Muffel einschliesst, und ziehen längs dieser nach dem Schornsteine. Wie die verschiedene Schraffirung andeutet, besteht das ganze Futter des Ofens, soweit es von dem Feuer berührt wird, aus

[1]) Wiebe, Skizzenbuch, Jahrgang 1867, Heft 1, Blatt 5.

feuerfesten Steinen. Der Verschluss der Muffel geschieht auf der Vorderseite durch eine Thür, welche in Führungen auf- und abgleitet und mit Hülfe einer Kette hoch gezogen wird; auf der Rückseite durch eine der Thür ähnliche Schieberplatte, welche noch durch Schraubenbolzen angedrückt werden kann. Unterhalb der Beschickungsthür befindet sich die Heizthür und die Thür für den Aschenfall. Die Canäle *d* (Figuren 302

Fig. 302.

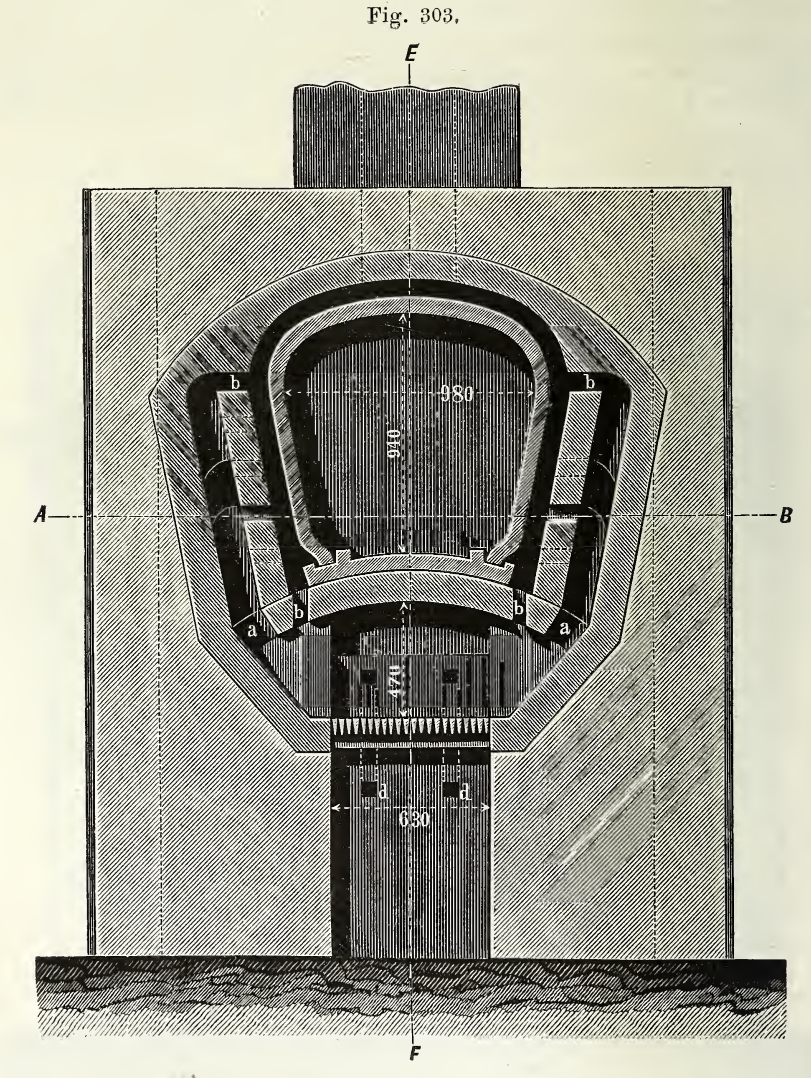



und 303) haben den Zweck, durch Zuführung erwärmter atmosphärischer Luft über den Rost die Vollständigkeit der Verbrennung zu befördern. *cc* in Fig. 302 sind gemauerte Consolen zur Unterstützung des Gewölbes.

Ein Ofen zum Wärmen von Zinkblechen in einem englischen Zink-

blechwalzwerke ist in den Figuren 305 bis 309 (S. 393 ff.) abgebildet[1]). Der zur Aufnahme der Zinkbleche dienende Behälter ist hier schrank-

Fig. 303.



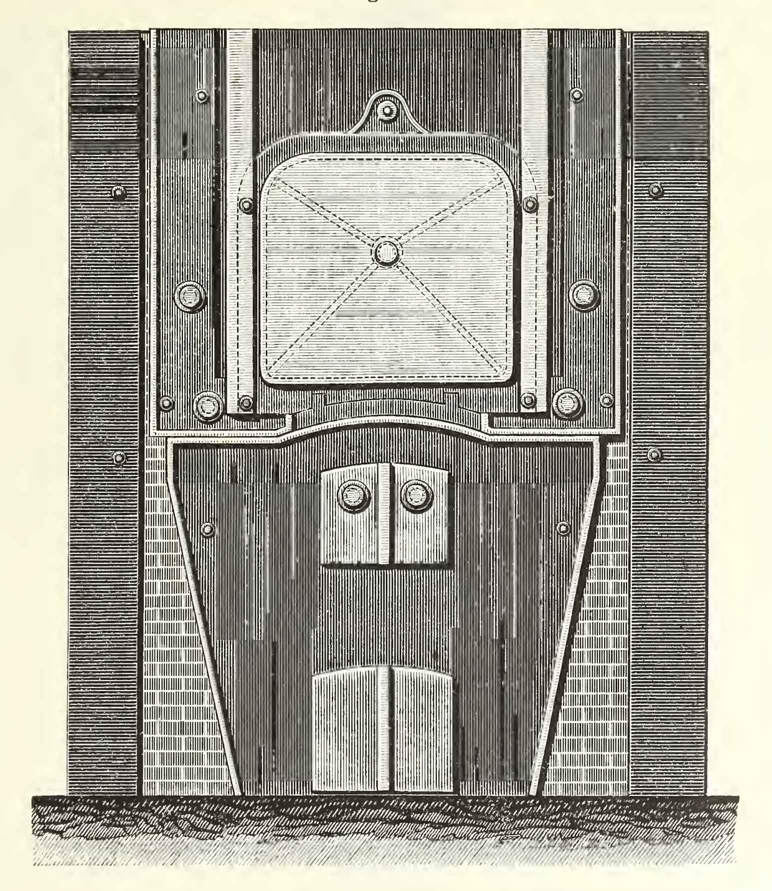

artig eingerichtet und aus Gusseisenplatten zusammengesetzt. Senkrechte Scheidewände theilen den ganzen Behälter in drei Hauptabtheilungen, deren jede durch eine besondere Thür verschlossen und durch eingeschobene, horizontale, durchbrochene Platten, welche zur Aufnahme der Bleche dienen (Figuren 305 und 306), noch ausserdem in drei kleinere Fächer getheilt wird. Die auf dem Roste entwickelte Flamme

---

[1]) Berg- und Hüttenmännische Zeitung, Jahrgang 1873, Taf. 8.

streicht zunächst unter dem Kasten hin, welcher zum Schutze gegen die Stichflamme auf einem Gewölbe ruht, steigt dann an der Stirnseite empor,

Fig. 304.



und zieht oberhalb des Kastens rückwärts nach dem Schornsteine. Die durch Thüren verschlossene Seite des Kastens liegt frei und vor derselben befindet sich eine Plattform zur Erleichterung des Ein- und Ausbringens, die entgegengesetzte Seite ist durch Mauerung vor Abkühlung geschützt. Die in Fig. 305 auf der linken Seite des Ofens ersichtlichen Oeffnungen in der Umfassungsmauer dienen zum Reinigen der Canäle und werden durch gewöhnliche eiserne Schieber verschlossen gehalten.

### Arbeitsverfahren und Wirkungsgrad.

Ersteres bedarf kaum einer Beschreibung, da es sich im Wesentlichen neben der Wartung des Feuers auf das Einbringen der kalten und Ausbringen der erwärmten Metalle beschränkt.

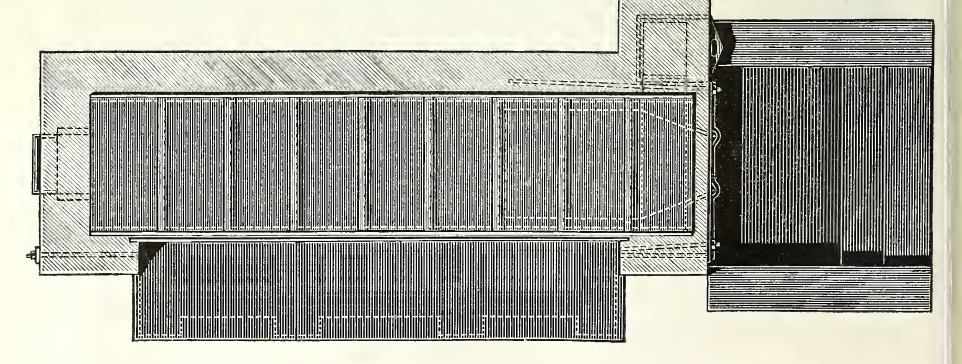
Fig. 306.

Fig. 305.

Die Ermittelung eines durchschnittlichen Wirkungsgrades dieser Oefen ist fast noch schwieriger und unzuverlässiger, als bei den früher beschriebenen, weil die mannigfaltige Construction, das verschiedene Material zu dem Glühgefässe, die abweichende Temperatur, auf welche die verschiedenen Metalle erhitzt werden müssen, die Erzielung sehr abweichender Resultate zulassen.

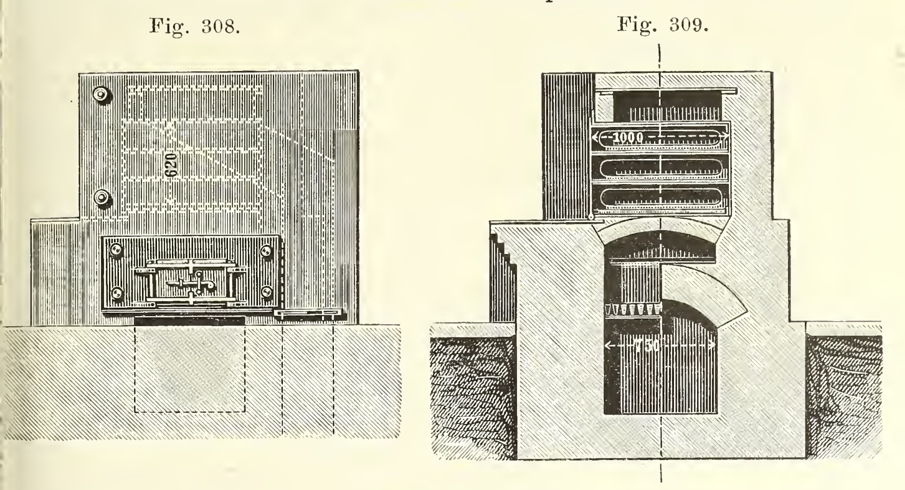
Wiebe giebt an, dass der in den Figuren 301 bis 304 abgebildete Ofen in 24 Stunden mit 160 Centner Steinkohlen 600 Centner glühendes Neusilber liefere, wobei die abziehenden Gase noch den Betrieb eines Kessels von 44 Quadratmeter feuerbewährter Fläche bei einer Spannung von 4 Atmosphären gestatte. Um 100 Kilogramm Neusilber zu glühen, würden also 27 Kilogramm Steinkohlen

Fig. 307.



erforderlich sein. Leider ist die von glühendem Neusilber aufgenommene Wärme nicht bekannt. Setzt man die specifische Wärme desselben

Fig. 308. Fig. 309.




= 0,96, und nimmt man an, dass eine Erwärmung auf 600 Grad stattfinde, so beträgt die aufgenommene Wärme 58 Wärmeeinheiten, und der Wirkungsgrad des Ofens

$$E = \frac{58 \times 100}{27 \times 7000} = 0{,}03,$$

ein Resultat, dessen annähernde Richtigkeit durch den Umstand wahrscheinlich gemacht wird, dass die Wärmeabgabe immerhin schwieriger als bei Oefen mit freiem Herde von Statten geht, und daher der Wirkungsgrad ein ungünstigerer sein muss, als bei diesen.

## Schlussbetrachtungen.

Während bei den Schmelzöfen die Gegenüberstellung der berechneten Wirkungsgrade eine scharfe Charakteristik jener Oefen bildete, sehen wir bei den Oefen zum Glühen der Metalle, dass jene Wirkungsgrade sehr relativ sind und aus den angeführten Gründen sich innerhalb sehr weiter Grenzen bewegen.

Während wir für die Schmiedefeuer einen erheblich ungünstigern Wirkungsgrad ermittelten, als für die Herdflammöfen — auch für diejenigen mit directer Feuerung —, lehrt der Augenschein, dass bei den ersteren durch die abziehenden Gase verhältnissmässig weniger Wärme entführt wird, als bei den letzteren. Die Ursachen dieser ungünstigern Brennstoffausnutzung liegen hauptsächlich in der geringern Grösse der Schmiedefeuer, weil mit der zunehmenden Grösse eines Erhitzungsapparats sich bei ausreichender Ausnutzung desselben die relativen Wärmeverluste verringern, sowie in den öfteren Stillständen der Schmiedefeuer

während des Schmiedens, wobei Abkühlung eintritt und Wärme verloren geht. Trotz des berechneten ungünstigen Wirkungsgrades werden die Schmiedefeuer unentbehrliche Apparate bleiben, wo einzelne und kleine Metallstücke erhitzt werden sollen.

Aehnlich verhalten sich die Gefässöfen zu den Herdflammöfen. Während ihr Wirkungsgrad im Allgemeinen ein ungünstigerer sein muss, ist ihre Anwendung doch häufig, und die Gründe, welche für dieselbe sprechen, wurden bereits hervorgehoben.

---

## Literatur über Schweissen und Glühen der Metalle.

### Ueber Schmiedefeuer und deren Betrieb:

Wiebe, Maschinenbaumaterialien (1. Band des Handbuchs der Maschinenkunde), Stuttgart 1858, S. 342 ff.; Atlas Tafel III, IV, VI, VII.

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, Bd. I, S. 175.

Petzhold, Fabrikation von Eisenbahnmaterial. Wiesbaden 1872, S. 142, Taf. XX, Fig. 5 und 6 (Schweissfeuer für Eisenbahnräder).

Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 700 ff.

Wiebe, Skizzenbuch Jahrgang 1869, Heft 3, Blatt 3; Jahrgang 1872, Heft 7, Blatt 1 und 2.

### Ueber Herdflammöfen:

Wiebe, Maschinenbaumaterialien, S. 366, Atlas Taf. V.

Petzhold, op. cit. S. 34, 37, 50, 54, 81, 202, 213; Abbildungen Taf. XII, Fig. 4 und 5, Taf. XIV, Fig. 1 bis 11, Taf. XX, Fig. 1 bis 4, Taf. XXI, Fig. 10 bis 12, Taf. XXVI, Fig. 1 und 2.

Wedding, op. cit. S. 707 ff.

Kerl, Grundriss der Eisenhüttenkunde, S. 414.

Jordan, Album du cours de Metallurgie, Taf. 78 bis 83 (Abbildungen von Schweissöfen mit directer und Siemens'scher Feuerung), Taf. 111 und 112 (Blechglühöfen).

Wiebe, Skizzenbuch, Jahrgang 1875, Heft 5, Blatt 6 (Messingglühöfen mit Siemens'scher Feuerung).

### Ueber Gefässöfen:

Zeitschrift deutscher Ingenieure, Band 11, Taf. 18, Fig. 1 und 2 (Glühöfen für Draht).

Dingler's polytechnisches Journal, Band 202, S. 190 (desgl.).

Kerl, op. cit., S. 440 (desgl.).

Jordan, op. cit., Taf. 113 (Blechglühöfen).

---

## 3. Die formgebenden Apparate und ihre Anwendung.

### A. Hammer und Ambos.

Hammer wird ein jedes Werkzeug genannt, welches geeignet ist, durch ausgeübte Schläge auf einen andern festen Körper eine Formveränderung desselben zu bewirken, ohne dass jedoch diese Formveränderung stets der Zweck der vollführten Schläge zu sein braucht. Die Arbeit heisst Hämmern, und wenn der gehämmerte Gegenstand aus einem Metallstücke besteht, welches zur Verleihung einer grössern Dehnbarkeit für die beabsichtigte Formveränderung erhitzt worden ist (Eisen, Stahl, Kupfer und andere), so nennt man diese Art der Formgebung insbesondere Schmieden.

Bei jedem Hämmern, welches eine Formveränderung durch Querschnittsverdünnung zum Zwecke hat, muss der wirksame Theil des Hammers härter als der gehämmerte Gegenstand sein[1]. Der letztere muss aber auch eine feste Unterlage erhalten, theils um ein Ausweichen desselben zu verhindern, theils um diejenige lebendige Kraft des Hammers aufzunehmen, welche nicht zur Formveränderung verwendet wird; diese Unterlage nennen wir Ambos. Auch der Ambos muss härter als der zu bearbeitende Gegenstand sein, um nicht selbst Eindrücke beim Hämmern zu erhalten. Derselbe wird in einer stabilen Unterlage befestigt, welche bei kleinen Hämmern aus einem schweren, in die Erde eingerammten Holzklotze besteht und Hammerstock genannt wird, bei schweren Hämmern aber aus einem Gusseisenkörper — der Chabotte — gebildet wird, welcher gewöhnlich auf einem elastischen Holzfundamente ruht.

---

[1] Wenn im Gegentheile die Querschnittsverdünnung vermieden werden soll, also z. B. bei der Anwendung der Hämmer zum Biegen, wovon in dem folgenden Abschnitte die Rede sein wird, sind häufig die Hämmer aus weicherm Materiale als das zu biegende Metall gefertigt.

Meistens erfolgen die Schläge von oben nach unten in einer Verticalebene. Es ergiebt sich bei dieser Art der Bewegungsrichtung der Vortheil, dass die Schwerkraft als beschleunigende Kraft auf den Hammer wirkt und dadurch die Wirkung des Schlages erhöht; ja, in vielen Fällen ist es die Schwerkraft allein, durch welche die Bewegung des Hammers hervorgerufen wird.

Die Wirkung eines Schlages, d. h. das in dem Augenblicke des Aufschlagens in dem Hammer angehäufte und auf den gehämmerten Gegenstand übertragene Arbeitsquantum ist theoretisch $\frac{Mv^2}{2}$, worin $M$ die sogenannte Masse des Körpers, $v$ die Endgeschwindigkeit bezeichnet. Demnach ist man im Stande, mit einer kleinen Masse, welche mit grosser Geschwindigkeit bewegt wird, theoretisch dieselbe Wirkung hervorzubringen, als mit einer grössern Masse, die eine geringere Geschwindigkeit besitzt. Diese Thatsache ist insofern von Wichtigkeit, als es in Wirklichkeit weniger umfangreiche mechanische Hülfsmittel erfordert, einer geringen Masse grosse Geschwindigkeit zu verleihen, als umgekehrt.

Nun lehrt uns aber die Erfahrung, dass die physikalischen Wirkungen des Hämmerns auf das Metall sich doch erheblich abweichend gestalten, ob man ein grosses Hammergewicht mit geringerer — nur dem freien Falle entsprechender — Geschwindigkeit oder ein geringeres Gewicht mit grösserer Geschwindigkeit wirken lässt. In ersterm Falle erstreckt sich die Wirkung sowohl auf die äusseren als auch die inneren Theile des Metallstückes; schmiedet man einen erhitzten Metallblock mit verticalen Seitenflächen (also von prismatischer Form), so nehmen beim Schmieden jene verticalen Seitenflächen convexe Form an, ein Beweis, dass die inneren, heisseren und deshalb dehnbareren Theile stärkere Querschnittsverdünnung und dadurch Streckung erfahren, als die äusseren kälteren; in dem zweiten Falle werden vorzugsweise die äusseren Theile beeinflusst, gestreckt, und die verticalen Seitenflächen erhalten in Folge dessen concave Form.

Wenn es also nur darauf ankommt, die äusseren Begrenzungen eines Metallstücks in andere Form zu bringen — wie es freilich bei der Metallverarbeitung meistens der Fall ist —, so wird ein weniger schwerer Hammer mit grosser Geschwindigkeit den Zweck eben so gut und in kürzerer Zeit erfüllen, als ein schwererer Hammer mit geringerer Geschwindigkeit; wenn aber neben der Formgebung gewisse, das ganze Metallstück durchdringende physikalische Aenderungen hervorgerufen werden sollen, deren Totalwirkung man mit dem Ausdrucke „Verdichtung“ zu bezeichnen pflegt, so ist es unerlässlich, dass das Fallgewicht des Hammers der Stärke des zu bearbeitenden Metallstücks angemessen sei.

Die verschiedenen Arten der für die Metallverarbeitung benutzten Hämmer lassen sich entweder gemäss der für den Betrieb verwendeten Betriebskraft als Handhämmer (Fusstritthämmer) und Maschinen-

hämmer (Dampfhämmer, Wasserhämmer etc.) eintheilen, oder gemäss ihrer Construction als Stielhämmer und Rahmen- oder Parallelhämmer. Wir werden für die folgenden Besprechungen die letztere Eintheilung als Grundlage nehmen.

### a. Stielhämmer.

Dieselben bestehen aus zwei Haupttheilen: dem Stiele oder Helme, welcher meistens aus zähem Holze gefertigt ist, und dem Hammerkopfe, gewöhnlich aus Schmiedeeisen mit verstahlter Arbeitsfläche hergestellt, in welchem das Hauptgewicht des Hammers concentrirt ist. Nur solche Hämmer, welche weniger zum Strecken als zum Biegen benutzt werden sollen, haben einen Kopf aus Holz oder für zarte Gegenstände aus Horn.

Der Stiel hat oblongen Querschnitt, dessen grössere Abmessung in der Bewegungsrichtung des Hammers, also senkrecht, gerichtet ist. Er wird durch eine entsprechend geformte Oeffnung des Hammerkopfs hindurchgesteckt, welche das Auge desselben genannt wird, und mit Keilen befestigt.

Die arbeitende Fläche des Hammers nennt man, wenn ihre Länge und Breite nicht sehr abweichend sind, Bahn, Hammerbahn; wenn sie dagegen im Verhältnisse zu ihrer Länge sehr schmal ist, also die Form eines abgestumpften Rückens oder Keils besitzt, Finne.

Bei den Handhämmern wird der Stiel sammt Kopf erhoben und aus der Höhe niedergeschwungen; bei den durch Elementarkraft bewegten Stielhämmern ist der Stiel in einem bestimmten Punkte seiner Länge an einer horizontalen Achse befestigt und drehbar, so dass der Hammerkopf bei dem Anhube und Niederfallen sich innerhalb einer Kreislinie bewegt. Der Anhub erfolgt in letzterm Falle durch Hebedaumen, welche auf einer in Umdrehung versetzten Daumentrommel angebracht sind und den Hammerstiel erfassen; geschieht der Angriff am Kopfe des Hammers, so heisst derselbe Stirnhammer; geschieht er zwischen Kopf und Drehpunkt: Aufwerfhammer; geschieht er jenseits des Drehpunkts, so dass dieser zwischen Kopf und Angriffspunkt liegt: Schwanzhammer. Selbstverständlich muss in letzterm Falle, um ein Heben des Kopfes zu bewirken, die Bewegungsrichtung der Daumen abwärts gerichtet sein.

Die lebendige Kraft beim Niederfallen eines solchen Stielhammers mit festliegender Drehungsachse lässt sich durch die Formel

$$L = GH\frac{s}{r}$$

ausdrücken, worin $G$ das Gesammtgewicht des Hammers, $H$ die Hubhöhe des Kopfes, $s$ die Entfernung des Schwerpunktes und $r$ die des Kopfes von der Drehungsachse bezeichnet. Hieraus folgt, dass die Wirkung

eine um so grössere ist, je näher der Schwerpunkt des ganzen Hammers mit dem des Kopfes zusammenfällt, je mehr sich also das Verhältniss $\frac{s}{r}$ der Zahl 1 nähert.

## Handhämmer.

Die Grösse derselben ist durch das Gewicht begrenzt, welches ein Arbeiter mit beiden Händen zu schwingen vermag und welches höchstens 10 Kilogramm beträgt. Diese grössten Handhämmer haben einen Stiel von 500 bis 600 Mm. Länge und heissen *Zuschlagehämmer*, weil sie beim Schmieden des Eisens durch den Gehülfen des Schmieds geführt werden, welcher *Zuschläger* genannt wird; die zum Schmieden benutzten kleinsten Hämmer heissen *Schmiedehämmer* und haben ein Gewicht von 1 bis 2 Klgr. bei einer Länge des Stiels von etwa 400 Mm.

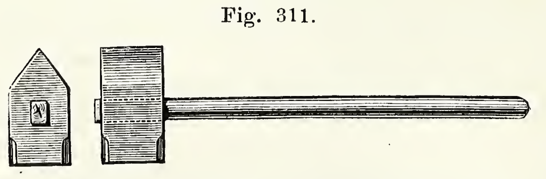
Da der Kopf des Hammers annähernd prismatische Form besitzt, so lassen sich beide Endflächen desselben zum Hämmern benutzen, je nachdem man die eine oder andere derselben nach unten kehrt. Man kann deshalb dem Hammer entweder eine Bahn und eine Finne oder auch zwei Bahnen oder zwei Finnen geben. Der erstere Fall ist der gebräuchlichere. Gewöhnlich läuft hierbei die Längenrichtung der Finne rechtwinklig gegen die Richtung des Stiels wie bei dem Hammer Fig. 310, und zwar liegt sie in diesem Falle entweder wie in der Abbildung über der Mitte der Bahn oder mit der äusseren Stirnfläche des Hammers bündig.

Fig. 310.

Bei einzelnen schweren Hämmern liegt die Richtung der Finne mit der Richtung des Stiels parallel, Fig. 311, und man nennt diese Art Hämmer *Kreuzschläge*.

Nach der Form der Bahn und Finne unterscheidet man eine grosse Anzahl verschiedener Benennungen des Hammers. Der gewöhnliche Schmiedehammer (wenn er für Schlosserarbeiten benutzt wird, *Bankhammer* genannt) hat eine Finne und eine flache oder ganz schwach convexe Bahn; mit zwei Bahnen von quadratischer, runder oder rechteckiger Form heisst er *Abschlichthammer*; mit zwei Finnen, quer gegen den Stiel gerichtet, *Abspinnhammer*, *Abbindhammer*, *Schweifhammer*; mit stark gewölbter Bahn *Schlichthammer* oder *Ausschlichthammer*. Die meisten dieser Hämmer dienen weniger zum eigentlichen Schmieden, als für die spätere Vollendung der Form.

Fig. 311.



Der Ambos für Handhämmer wird gewöhnlich aus Schmiedeeisen mit verstahlter oberer Fläche dargestellt, seltener aus Gusseisen mit gehärteter Fläche oder aus Gussstahl. Diese obere Fläche, auf welcher das Arbeitsstück ruht und welche deshalb geschliffen sein muss (damit nicht vorhandene Unebenheiten sich im Arbeitsstücke abdrücken), heisst die Bahn des Ambos.

Die Form der Ambose ist mannigfaltig, theils von der Beschaffenheit der zu schmiedenden Gegenstände, theils aber auch von Herkommen und Gebräuchen abhängig.

Der sogenannte Ambos ohne Horn, Fig. 312, hat eine rechtwinklige Bahn von 400 bis 450 Mm. Länge, 100 bis 120 Mm. Breite. Die Oeffnung *a* dient zum Einstecken besonderer Schmiedeunterlagen vermittelst eines an denselben befindlichen Zapfens, wenn es sich um Herstellung bestimmter Formen handelt, die sich auf der glatten Ambosbahn nicht würden erzeugen lassen. An der untern Seite des Ambos befindet sich, wenn nicht das Gewicht desselben ein grosses ist, ein pyramidaler Zapfen (Angel) zum Einstecken in den Ambosstock; grosse Ambose ver-

Fig. 312.

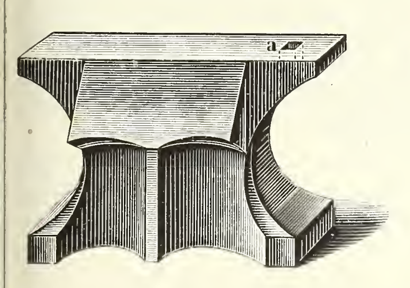
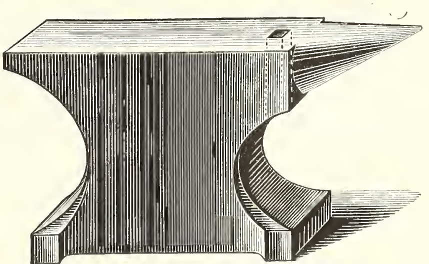



Fig. 313.



sieht man mit einer Oeffnung an der untern Seite, in welche ein in den Ambosstock eingeschlagener Zapfen hineinpasst.

Für gewisse Zwecke kann es dienlich sein, den Ambos mit einem kegelförmig zulaufenden Ansatze zu versehen; es entsteht dann die Form des Ambos mit einem Horn, Fig. 313.

Bringt man dem kegelförmigen Horne gegenüber ein zweites Horn an, welches jedoch alsdann nicht abgerundeten, sondern vierseitigen Querschnitt und keilförmige Gestalt besitzt, so dass die obere Fläche eine ebene Bahn bildet, so entsteht der Ambos mit zwei Hörnern, Fig. 314 (a. f. S.).

Ausser diesen scharf gekennzeichneten Gattungen der Ambose unterscheidet man nach der Form des Fusses und der sonstigen für die Verwendung weniger wichtigen Eigenthümlichkeiten deutsche, englische, französische, schweizer, luxemburger und andere Ambose. Der in Fig. 312 abgebildete ist ein deutscher, in Fig. 313 ein englischer, in Fig. 314 ein französischer Ambos.

Bilden die beiden Hörner den Hauptbestandtheil des Ambos der-

artig, dass der mittlere Theil auf eine quadratische Grundform zurückgeführt wird, so entsteht das Sperrhorn, Fig. 315.

Fig. 314.

Fig. 315.

Das Gewicht des Ambos muss von der Wucht der geführten Schläge und mithin hauptsächlich von dem Gewichte des benutzten Hammers abhängig sein. Bei den für die rohe Formgebung benutzten Ambosen beträgt das Gewicht der Grösse der zu schmiedenden Stücke entsprechend 20 bis 300 Kilogramm; für andere Zwecke, z. B. in den Werkstätten der Uhrmacher, Mechaniker u. s. w., werden jedoch auch Ambose benutzt, welche nicht schwerer als $^1/_2$ Kilogramm sind.

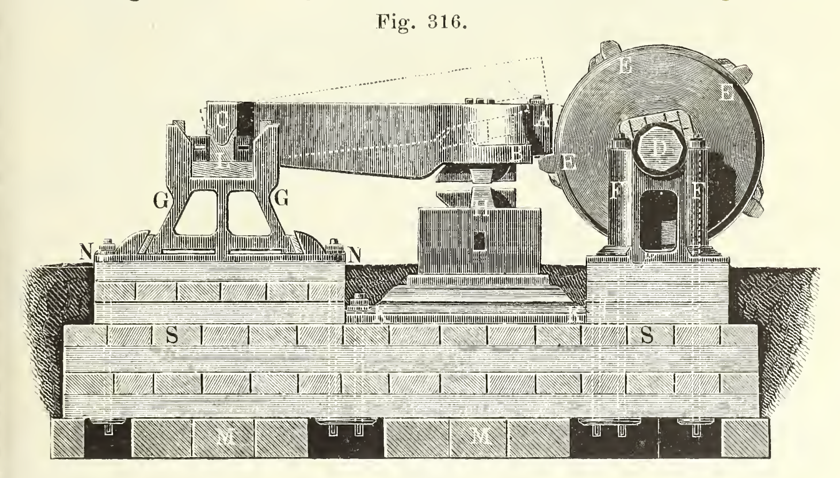
Für die Darstellung der feinsten Bleche aus Gold, Silber, Tombak, Neusilber, des sogenannten echten und unechten Blattgoldes und Blattsilbers werden statt eiserner Ambose geschliffene Blöcke aus Granit oder Marmor mit ebener Bahn benutzt.

Als eine besondere Gattung der durch menschliche Kraft bewegten Stielhämmer verdienen die in kleinen Werkstätten bisweilen benutzten Tritthämmer oder Fusshämmer Erwähnung. Der Hammerstiel hat bei diesen einen festliegenden Drehungspunkt; eine Feder, welche mit dem Hammer in Verbindung gebracht ist, giebt demselben das Bestreben, sich zu heben, so dass der Kopf in der Ruhe den höchsten Stand einnimmt; ein Hebel, der durch Fusstritt und Schubstange bewegt wird und mit der Drehungsachse des Hammers verbunden ist, schnellt ihn bei jedem Drucke des Fusses auf den Ambos nieder. Eine Ersparung an Arbeit findet natürlich hierbei nicht statt, sondern es wird sogar durch Ueberwindung des Federdrucks die erforderliche Arbeitsleistung erhöht; dennoch kann in solchen Fällen, wo beim Schmieden kleiner Stücke ein einziger Arbeiter sowohl die Schläge auszuführen, als das Arbeitsstück zu halten und zu wenden hat, der Tritthammer recht zweckmässig sein, weil ein sonst ruhender Theil des Körpers, der Fuss, für die Bewegung benutzt wird und der Schmied nun beide Hände für die Handhabung des Arbeitsstücks benutzen kann.

## Stirnhämmer.

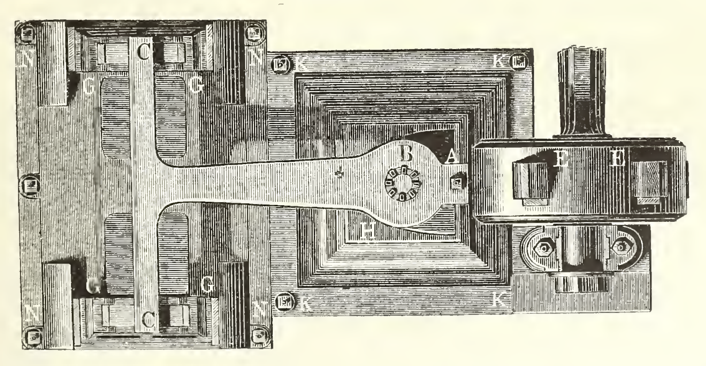
Die Figuren 316 und 317 stellen einen gewöhnlichen Stirnhammer dar und zwar Fig. 316 im Aufrisse, Fig. 317 im Grundrisse[1]). Stiel und Kopf sind in einem Stücke aus Gusseisen gefertigt. An ersteren ist die Drehungsachse *C C* angegossen, deren Enden in den Lagern *L* ruhen.

Fig. 316.




An der Stirn ist die zum Auswechseln eingerichtete Streichplatte *A* eingesetzt, welche von den Hebedaumen *E* ergriffen wird. Die Hammer-

Fig. 317.




bahn ist gleichfalls für sich gegossen und steckt mit einem conischen Zapfen in dem Kopfe, wo sie durch einen Keil oder durch Schrauben festgehalten wird. In ähnlicher Weise ist der Ambos in der gusseisernen Chabotte befestigt, welche durch starke Schrauben auf der durch ein hölzernes Schwellwerk gebildeten Unterlage des ganzen Hammerwerks

[1]) Aus Weisbach, Lehrbuch der Mechanik, III. Theil, S. 1307.

festgehalten wird. Die Bahn des Hammers und Ambos hat kreuzförmigen Grundriss.

Das Gewicht solcher Stirnhämmer ist 2500 bis 8000 Kilogramm, die Hubhöhe des Hammerkopfes 0,3 bis 0,6 Meter, die Zahl der Schläge 50 bis 100 per Minute.

Da jedoch ein grosser Theil jenes totalen Hammergewichts in dem Stiele vertheilt ist, und der Schwerpunkt des Ganzen mithin ziemlich weit nach der Drehungsachse zu liegt, so ist die Wirkung des Hammers im Verhältnisse zu seinem Gewichte und seinen Anlagekosten eine geringe, und es ist diese Art Hämmer nur zur ersten Formgebung und Verdichtung roher Puddelluppen in solchen Hüttenwerken in Gebrauch, wo eine reichliche Wasserkraft zu Gebote steht.

Eine Uebergangsform der Stirnhämmer zu den Aufwerfhämmern bilden die Brusthämmer, bei denen eine ähnliche Daumentrommel wie beim Stirnhammer hinter der Hammerbahn liegt und von unten her den Hammer vermittelst einer an diesen angegossenen und nach unten gerichteten Nase mit Streichbahn hebt. Dadurch wird der Platz vor dem Hammer frei.

## Aufwerfhämmer.

Ein solcher ist in Fig. 318 abgebildet. Das Hammergerüst besteht hier aus Gusseisen, der Stiel $A$ aus Holz, der Kopf $B$ aus Schmiedeeisen mit verstahlter Bahn. Der Hammerstiel ist mit einer umgelegten schmiedeeisernen Streichbahn versehen; die Hebedaumen $EE$ sind mit dem auf der Wasserradwelle befestigten Daumenringe aus einem Stücke gegossen und mit aufgelegten und durch einen schmiedeeisernen Ring festgehaltenen Holzstücken (sogenannten Fröschen) versehen, um den Holm gegen zu rasche Abnutzung zu schützen. Der Angriff erfolgt ungefähr in ein Drittel der Länge des Hammerhelms, vom Kopfe an gemessen.

Bei raschem Gange des Hammers würde die ihm durch die rasche Bewegung der Hebedaumen ertheilte lebendige Kraft ein Aufsteigen zu einer solchen Höhe bewirken, dass, bevor das Niederfallen und Aufschlagen erfolgt, schon der folgende Hebedaumen wieder in die Angriffsstellung vorgerückt ist, der Hammer also gefangen würde, ohne aufzuschlagen. Um diesen Uebelstand zu vermeiden und eine grosse Anzahl Schläge in der Zeiteinheit zu ermöglichen, bringt man eine Prellvorrichtung an, gegen welche der Hammer, unmittelbar nachdem der Hebedaumen den Helm verlassen hat, anschlägt, und von dem er mit annähernd gleicher Geschwindigkeit zurückgeworfen wird, welche er erlangt haben würde, wenn er zu voller Hubhöhe emporgeworfen worden wäre. Je elastischer die Prellvorrichtung ist, je weniger Effectverlust also durch den Stoss stattfindet, desto vollständiger ist ihre Wirkung hinsichtlich der Ertheilung eines beschleunigten Niederfallens; andererseits, je grösser die Geschwindigkeit der Hebedaumen ist, je rascher also die Welle umläuft, desto höher würde der Hammer ohne Prellvorrich-

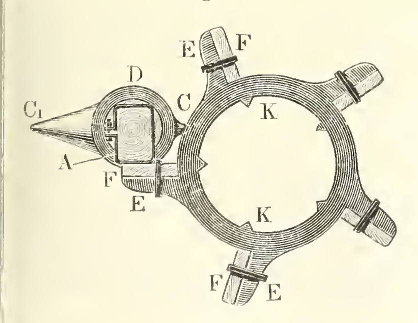
tung emporgeworfen sein, desto grösser ist also auch die Geschwindigkeit beim Niederfallen und desto grösser die Wirkung des Schlages; oder

Fig. 318.

wenn man letztere als gegeben ansieht, desto kleiner braucht das Gewicht des Hammers zu sein.

Als solche Prellvorrichtung dient bei dem vorliegenden Hammer der horizontale Baum *H*, Reitel genannt, welcher oberhalb des Hammerhelms in der aus der Abbildung ersichtlichen Art und Weise fest gelagert und mit Keilen befestigt ist.

Fig. 319.




Das hintere Ende des Hammerhelms steckt in einer gusseisernen „Hülse“ *D* mit einem längern Zapfen $C_1$ und einem kürzern *C* (Fig. 319), welche zusammen die Drehungsachse bilden. Diese Zapfen ruhen in „Büchsen“ aus Gusseisen oder Rothguss, welche in den gusseisernen Säulen *T T* festgekeilt sind. Letztere beiden Säulen, welche Büchsensäulen genannt werden, stecken mit ihren

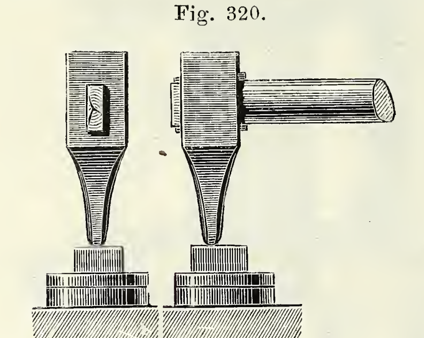
unteren Enden in Schuhen *t* auf der Sohlplatte, oben in einer gemeinschaftlichen Kopfplatte *S S*, welche an die dahinter stehende sogenannte Reitelsäule *U* angegossen ist. Die zu hinterst stehende Säule *V* heisst Drahmsäule. Reitel- und Drahmsäule sind in den auf der Grundplatte des eisernen Fundamentkastens angegossenen Schuhen *M* und *N* festgekeilt.

Der Ambos ruht in einem gusseisernen Rahmen und mit diesem auf dem eisernen Hammerstocke *X*.

Die Hubhöhe der Aufwerfhämmer beträgt 500 bis 700 Mm., die Anzahl der Hübe pro Minute 80 bis 100, das Gewicht des Hammerkopfs 150 bis 280 Kilogramm und die Betriebskraft 7 bis 12 Pferdekräfte.

Man benutzt sie bei dem Vorhandensein einer ausreichenden Wasserkraft zum Schmieden von Eisen, Kupfer, Messing etc. Die Form der Hammerbahn ist dem verschiedenen Zwecke entsprechend eine sehr abweichende; zum Schmieden von stabförmigen Körpern ist sie rechteckig und schwach convex, um so schmaler und der Form der Finne ähnlicher, je rascher gestreckt werden soll und je schmaler die zu schmiedenden Stäbe sind; für Bleche ist sie breit; für die Herstellung von Hohlgefässen (z. B. kupfernen Kesseln in den „Kupferhämmern") ist sie kreisförmig 60 bis 80 Mm. im Durchmesser, flach oder convex, und da der Hammerkopf sich ganz allmälig zu dem kleinsten Durchmesser der Bahn verjüngt, so erhält dadurch der untere Theil desselben ein rüsselförmiges Aeussere (Fig. 320).

Fig. 320.

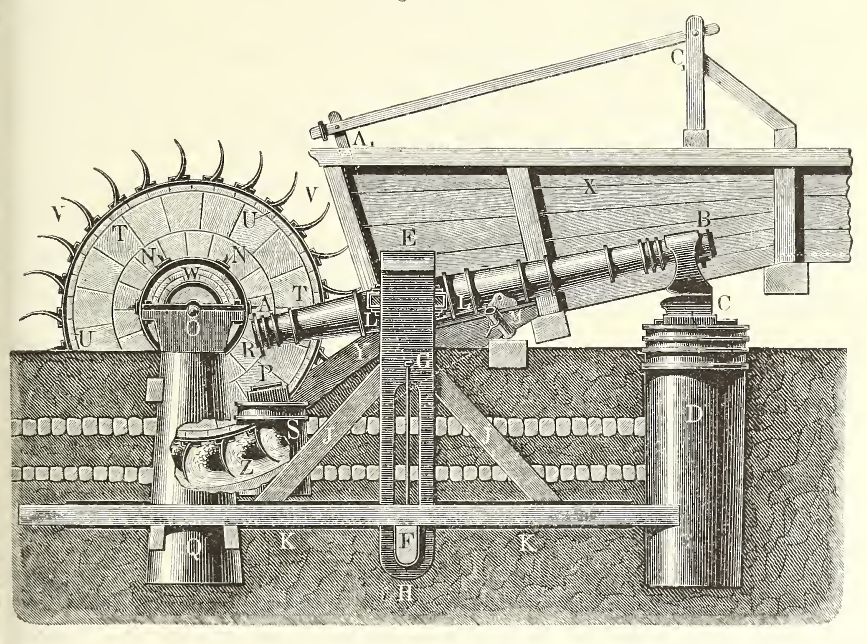


## Schwanzhämmer.

Ein solcher ist in Fig. 321 abgebildet. Es ist hier *A B* der Hammerhelm, *C* der Ambos, *D* der Hammerstock, *EH* die eine von den gusseisernen Büchsensäulen, welche durch ein eisernes Querhaupt *E*, einen Querbalken *F* und eine schmiedeeiserne Gabel *G H*, deren Zinken die Enden des Balkens *F* erfassen, mit einander verbunden sind. Auf dem Balken ruhen die Brückenhölzer *K K* und zugleich dienen die Spreizen *J J* zur Erhöhung der Stabilität der Büchsensäulen. In *L L* sieht man die Enden der Büchsen, in welchen die Zapfen der Hammerhülse lagern. An dem Ende des Hammerhelms sitzt der sogenannte Schwanzring *R*, welcher von den Daumen *N N* niedergedrückt wird. Als Prellvorrichtung dient hier die eiserne Platte *P* (Reitelplatte) in dem hölzernen Reitelstocke *S*. Zum Betriebe ist das Wasserrad *T* mit den gekröpften eisernen Schaufeln *V* bestimmt.

Die Schwanzhämmer haben im Allgemeinen die nämliche Verwendung als die Aufwerfhämmer, und es besitzen deshalb die Hammer- und Ambosbahnen eben so abweichende Formen als bei jenen. Dagegen gestattet die Eigenthümlichkeit der Construction leichter als bei den Aufwerfhämmern eine Vermehrung der Hubzahl, indem man den Daumenkreisdurchmesser klein, die Umgangszahl der Daumenwelle gross annimmt und die Drehungsachse des Helms (die Hülse) entsprechend nahe an das Schwanzende verlegt, um trotz der geringen Hubhöhe des Schwanzringes eine ausreichende Hubhöhe des Kopfes zu erhalten. Bei der grossen Geschwindigkeit solcher Schwanzhämmer mit grosser Hubzahl braucht deshalb das Gewicht desselben ein verhältnissmässig geringes zu sein, um

Fig. 321.




einen bestimmten theoretischen Effect hervorzubringen; und den früher gegebenen Erläuterungen über die verschiedene physikalische Wirkung schwererer und leichterer Hämmer zufolge eignen sich deshalb solche leichte Schwanzhämmer mit grosser Hubzahl vorzugsweise für solche Zwecke, wo es nicht auf eine Verdichtung, sondern lediglich auf Formgebung ankommt. Je nachdem der eine oder andere Zweck vorwiegend in's Auge gefasst ist, besitzen die Schwanzhämmer ein Gewicht von 50 bis 350 Kilogramm, erstere mit einer Anzahl Hübe, welche bis auf 300 per Minute gesteigert werden kann, jedoch einer Hubhöhe oft nicht über 150 Mm.; letztere mit 120 Hüben per Minute und einer Hubhöhe bis zu 480 Mm.

Vor den Aufwerfhämmern haben die Schwanzhämmer noch den Vortheil voraus, dass der Raum um den Kopf herum nicht durch die Daumenwelle beengt und daher an drei Seiten frei ist; ferner dass ihre Fundamentirung im Allgemeinen einfacher und leichter als bei jenen ist. Für grössere Anlagen fällt auch der Umstand ins Gewicht, dass man bei Anwendung von Schwanzhämmern von einer und derselben Welle aus eine grössere Anzahl derselben betreiben kann, welche mit parallelen Helmen in einer Reihe neben einander liegen. Dadurch wird die ganze Anlage einfach und für die Benutzung bequem, während für den Betrieb von Aufwerfhämmern jeder derselben seine eigene Betriebswelle und meistens auch seine eigene Betriebsmaschine erhält.

Der Wirkungsgrad der Schwanzhämmer, d. h. das Verhältniss der geleisteten Arbeit zur aufgewendeten, ist dagegen nach Hauer etwas ungünstiger als derjenige der Aufwerfhämmer, und verhält sich zu letzteren wie 0,75 : 0,80. Der Unterschied ist zu unerheblich, als dass er gegenüber den erwähnten Vorzügen der Schwanzhämmer einen Ausschlag zu Gunsten der Aufwerfhämmer zu geben vermöchte.

Die üblichste Betriebskraft für die Schwanzhämmer ist das Wasser. Die Vortheile dieses Hammersystems, wozu ausser den schon geschilderten auch die verhältnissmässige Billigkeit der Anlage und Einfachheit der Bedienung gehören, haben jedoch mehrfach auch in solchen Fällen Veranlassung zur Anwendung desselben gegeben, wo Wasserkraft nicht zu Gebote steht und Dampfkraft benutzt werden musste. Dient dieselbe Dampfmaschine auch zum Betriebe anderer Maschinen, so ist es leicht, von einer gemeinschaftlichen Transmissionswelle aus durch eine Riemenübertragung die Daumenwelle des Dampfhammers in Bewegung zu setzen, wobei jedoch die Einschaltung eines Schwungsrades unerlässlich ist, um die Rückwirkung der vom Anschlagen der Hebedaumen herrührenden Stösse auf die Transmissionswelle abzuschwächen.

Bisweilen verbindet man auch eine eigene Dampfmaschine mit dem Schwanzhammer und wählt dazu meistens eine Maschine mit oscillirendem Cylinder. Für grössere Leistungen eines Hammers würde allerdings einer solchen Anordnung, falls man überhaupt Dampfkraft anwenden will, ein direct wirkender Dampfhammer vorzuziehen sein, welcher eine Menge Vorzüge vereinigt und von welchem unten die Rede sein wird; wo jedoch nur kleine Leistungen verlangt werden, entscheidet die grössere Billigkeit und einfachere Bedienung nicht selten für den Schwanzhammer.

Da ein solcher kleiner Schwanzhammer mit Dampfmaschinenbetrieb und grosser Hubzahl die Aufgabe erfüllt, die Handarbeit des Zuschlägers beim Schmieden entbehrlich zu machen, nennt man die hierher gehörigen Constructionen Dampfzuschläger (Steamstriker). Erwähnenswerth ist ein solcher Dampfzuschläger von D. Davies in Newport, welcher nicht allein Schläge von verschiedener Hubhöhe, sondern auch von ver-

schiedener Stärke und Richtung (vertical, schräg und horizontal) gestattet und durch Drehung des Hammers um eine Achse es auch ermöglicht, mehrere in einem Kreise angeordnete Ambose nach einander zu bedienen [1]).

### b. Rahmen- oder Parallelhämmer.

Der bewegliche Theil des Hammers, welcher hier Hammerblock oder Bär genannt zu werden pflegt, gleitet geradlinig entweder zwischen Führungen, welche den Rahmen des Hammers bilden, oder auch nur mittelst einer mit demselben verbundenen Stange in Stopfbüchsen. Die Bewegungsrichtung ist fast immer eine senkrechte, und in diesem Falle erfolgt der Schlag bei dem Niedergange des Bärs. Unter der Annahme, dass der Fall nur durch die Schwerkraft bewirkt wird, lässt sich die lebendige Kraft des Hammers durch die Formel ausdrücken

$$L = GH,$$

worin $G$ das Gewicht des Bärs, $H$ die Hubhöhe des Hammers bezeichnet. Vergleicht man hiermit die für die lebendige Kraft der Stielhämmer gegebene Formel (S. 397), so ergiebt sich, dass bei gleichem Hammergewichte die Leistung des Rahmenhammers eine grössere sein muss, weil der Werth $\frac{s}{r}$ in der Formel für Stielhämmer stets kleiner als 1 ist. Sie haben ferner vor den letzteren den Vortheil voraus, dass die Hammer- und Ambosbahn in jeder Stellung parallel bleiben, während sie bei den Stielhämmern um so mehr divergiren, je dicker das zu schmiedende Stück ist; und endlich ist es bei den meisten dieser Hämmer möglich, die totale Hubhöhe der verschiedenen Stärke der zu schmiedenden Stücke entsprechend zu verändern, während die Stielhämmer bei unveränderlicher totaler Hubhöhe eine um so geringere Fallhöhe besitzen, je dicker das zwischen Ambos und Hammerkopf befindliche Arbeitsstück ist.

Bei fast allen diesen Hämmern besteht der Bär aus Gusseisen und trägt an seinem untern Ende die gewöhnlich gleichfalls aus Gusseisen gefertigte, mittelst eines prismatischen Zapfens und durchgesteckten Keils oder mit Schwalbenschwanz in dem Bär befindliche Hammerbahn. Der Ambos aus Gusseisen oder Gussstahl ruht in der gusseisernen Chabotte. Im Grundrisse zeigen die Hammer- und Ambosbahn, wenn nicht besondere Zwecke vorliegen, gewöhnlich eine T-förmige Gestalt, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, sie ebensowohl als Finne wie als Bahn zu benutzen, je nachdem das Arbeitsstück quer über einen der schmalen, mit der Arbeitsseite parallel laufenden Schenkel oder der Länge nach auf den mittlern breitern Theil gelegt wird, welcher von der Arbeitsseite nach der Rückseite des Hammers gerichtet ist.

---

[1]) Dingler's polytechnisches Journal Bd. 206, S. 251; Bd. 210, S. 6. E. A. v. Hesse, Die Werkzeugmaschinen. Leipzig 1874, S. 31.

Nach der Art des Bewegungsmechanismus für diese Hämmer unterscheidet man eine grössere Anzahl verschiedener Arten derselben, die sich jedoch in zwei Hauptgruppen eintheilen lassen, je nachdem die zum Betriebe dienende Kraft durch eine Transmission oder direct auf den Hammer übertragen wird. Im erstern Falle nennt man die Hämmer allgemein Transmissionshämmer, und es kann selbstverständlich jede Elementarkraft, selbst menschliche Arbeit für den Betrieb verwendet werden. Diese Transmissionshämmer eignen sich also für solche Fälle, wo entweder Dampfkraft überhaupt nicht vorhanden ist, oder wo die Arbeit einer schon vorhandenen Dampfmaschine mit Kesselanlage und Transmission benutzt werden soll, und die Anlage einer Dampfleitung nach dem Standorte des Hammers vielleicht mit Schwierigkeiten verknüpft sein würde; und eine solche Benutzung einer schon vorhandenen Transmission wird um so zweckdienlicher erscheinen, je geringer die auszuübende Wirkung des Hammers sein soll, je schwerer die höheren Anlagekosten eines direct wirkenden Hammers also in die Wagschale fallen.

Für die zweite Gattung, die direct wirkenden Hämmer, dient allein Dampf als Betriebskraft und bewirkt ohne weitere Zwischenmaschinen die Bewegung des Hammerbärs. Daher nennt man diese Gattung insbesondere Dampfhämmer. Jeder derselben muss dem soeben angegebenen Principe entsprechend seinen eigenen Dampfcylinder nebst Steuerung und Zubehör erhalten, wird dadurch kostspieliger in seiner Anlage und schwieriger in seiner Wartung, als ein Transmissionshammer; dagegen fallen alle bei Hämmern der ersten Gattung unvermeidlichen Arbeitsverluste zur Ueberwindung der Reibung in der Transmission fort; Hubhöhe und Intensität des Schlages sind leicht regulirbar, und die Totalleistung des Hammers lässt sich sowohl durch Erhöhung des Gewichts als durch Beschleunigung des Niederfallens auf ein Maass steigern, welches durch andere Hammerconstructionen unerreichbar ist. Diese Vorzüge haben den Dampfhämmern unter allen Hammersystemen den ersten Rang und die weiteste Verbreitung verschafft und haben sie unentbehrlich gemacht, wo es sich um grosse Leistungen handelt.

## Transmissionshämmer.

Dieselben zerfallen wieder in eine grössere Anzahl verschiedener Systeme.

Fallwerke. Ein prismatischer Bär aus Gusseisen, welcher bis zu 100 Kilogramm Gewicht besitzt, bewegt sich zwischen zwei senkrechten Gleitstangen und wird entweder durch ein Seil oder einen Riemen, welche über eine feste Rolle gehen, 500 Mm. bis 2 Meter hoch gehoben und dann frei fallen gelassen. Das Anheben geschieht entweder durch einen Arbeiter, welcher das andere Ende des Seils erfasst oder mit Hülfe eines Trittbretts niederdrückt, in welchem Falle der Hammer allerdings

nicht die Benennung als Transmissionshammer verdient; oder von einer Transmission aus, welche die Riemenwelle, auf welcher in diesem Falle das Ende des Riemens befestigt ist, in Umdrehung setzt. Solche durch Elementarkraft betriebenen Fallwerke mit Riemen heissen insbesondere Riemenhämmer. Nach dem Niederfallen hat der Hammer in Folge der Elasticität der Ambosunterlage das Bestreben, emporzuschnellen und sofort einen zweiten schwächern Schlag auszuführen. Wo dieses verhütet werden soll, kann man einen am Bär befindlichen Sperrkegel in eine an der Führungsstange befestigte Zahnstange einschnappen lassen und dadurch das Zurückspringen des Bärs unmöglich machen.

Einen von einer Transmission aus betriebenen Fallhammer mit sinnreichen Einrichtungen zur Regulirung des Hubes und der Schlagstärke, von der Stiles and Parker Press Company in Middletown (Connecticut) gebaut, zeigen die Figuren 322 (a. f. S.) in perspectivischer Ansicht und 323 bis 325 in den Einzelheiten [1]).

Der Hammerbär wird hier durch den Riemen *A* gehoben, der mit seinem obern Ende an einer ringförmigen Spule *O* befestigt ist. Letztere spielt lose auf der Hauptwelle, so lange als sie nicht in Eingriff mit einer der beiden Kupplungsklauen $B_1$ und $B_2$ (Fig. 323) gebracht ist. Dieser Eingriff erfolgt mit Hülfe der kleinen, an beiden Seiten der Spule befindlichen Zapfen, sobald eine geringe Verschiebung nach rechts oder links bewirkt wird. Mit den Kupplungsklauen stehen die beiden Riemenscheiben (Fig. 322) in fester Verbindung, welche sich — und somit auch die Klauen — in entgegengesetzter Richtung drehen.

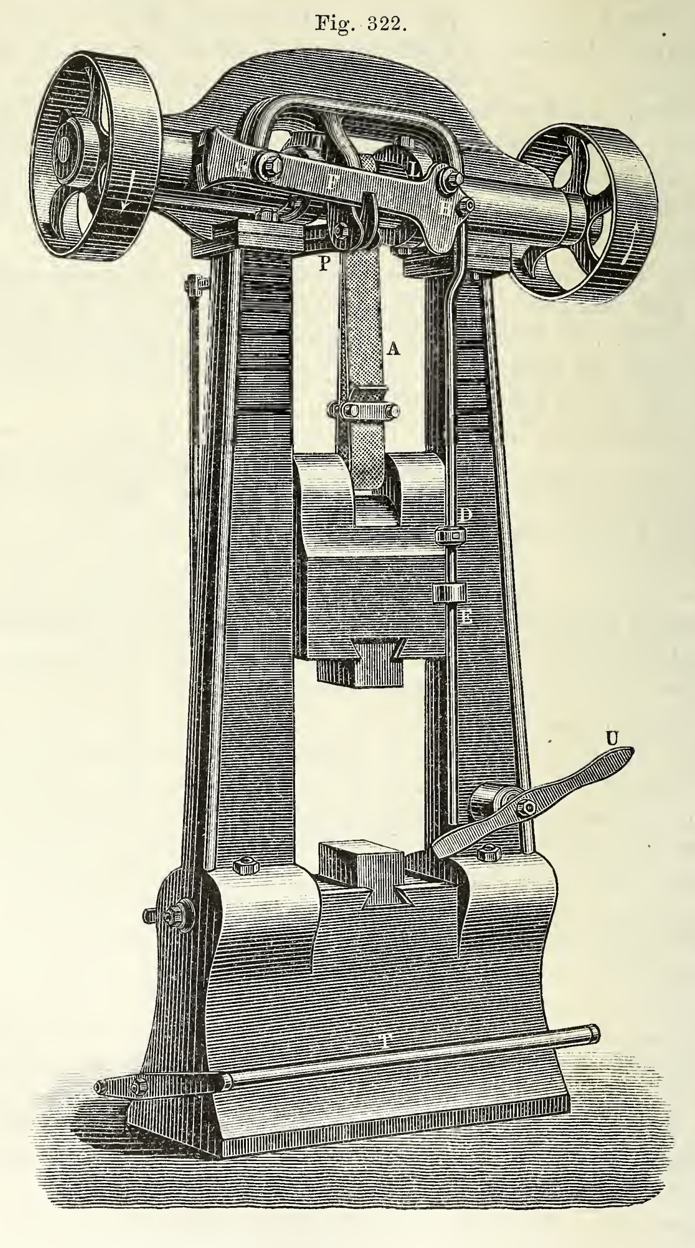
An dem Gerüste des Hammers ist vermittelst des Bolzens *G* der Klinkhebel *F* — um *G* drehbar — befestigt und an seinem andern Ende mit der Stange *C* durch die Schraube *H* verbunden. Dieser Klinkhebel trägt an der nach innen gerichteten Seite eine Zunge *I* (Fig. 323 und 325), welche beim Heben und Senken des Hebels die Verschiebung der Spule nach rechts oder links bewirkt. Zu diesem Zwecke ist nämlich die Spule mit einer herumlaufenden Rinne versehen, in welche die metallenen Backen *NN* (Fig. 325) derartig eingreifen, dass die Spule sich frei drehen kann, aber jede seitliche Verschiebung der Backen mitmachen muss. Diese Backen sind in einem eisernen Ringe *L* eingelassen, dessen Durchmesser gross genug ist, dass er eine entsprechende Drehung um den Befestigungspunkt *M* verträgt und bei dieser Drehung also die Backen und somit auch die Spule *O* seitlich verschiebt. Um diese Drehung des Ringes auszuführen, greift die Zunge *I* in eine curvenförmige Nuth an der Aussenseite desselben, welche in solcher Weise gestaltet ist, dass, wenn der Klinkhebel gehoben wird, die Spule abwechselnd nach rechts und links verschoben und in Eingriff gebracht wird, so dass nach jedem Auf- und

---

[1]) Scientific American, Mai 1872, S. 287; Polytechnisches Centralblatt 1872, S. 772; Dingler's polytechnisches Journal Bd. 205, S. 23.

Niedergange der Stange $C$ eine entgegengesetzte Bewegung der Spule als vorher eintritt.

Fig. 322.




Damit der Klinkhebel $F$ nicht zu weit ausschlage, greift derselbe mit einem klauenartigen Ansatze $S$ an dem linken Ende über einen am Gerüste angegossenen Knaggen $K$, welcher den Hub begrenzt. Um den

Hub des Klinkhebels $F$ auszuführen, befindet sich an der Stange $C$ ein Ring $D$, durch eine Klemmschraube verstellbar, und an dem Bär ein gleichfalls über die Stange geschobener und lose auf derselben gleitender Ring $E$. Es ist leicht ersichtlich, dass beim Aufsteigen des Bärs der Ring $E$ den Ring $D$ treffen und dadurch die Stange anheben, somit auch den Klinkhebel empordrücken und dadurch Ausrückung der Spule bewirken muss; es ist ferner ersichtlich, dass durch Höher- oder Niedrigerstellen des Ringes $D$ dieses Ausrücken beschleunigt oder verzögert und dadurch der Hub des Hammers verkleinert oder vergrössert werden kann; und endlich, dass bei dem Niederfallen des Hammers auch die Stange nebst Klinkhebel vermöge ihres eigenen Gewichts wieder sinken und dass in

Fig. 323. Fig. 324.

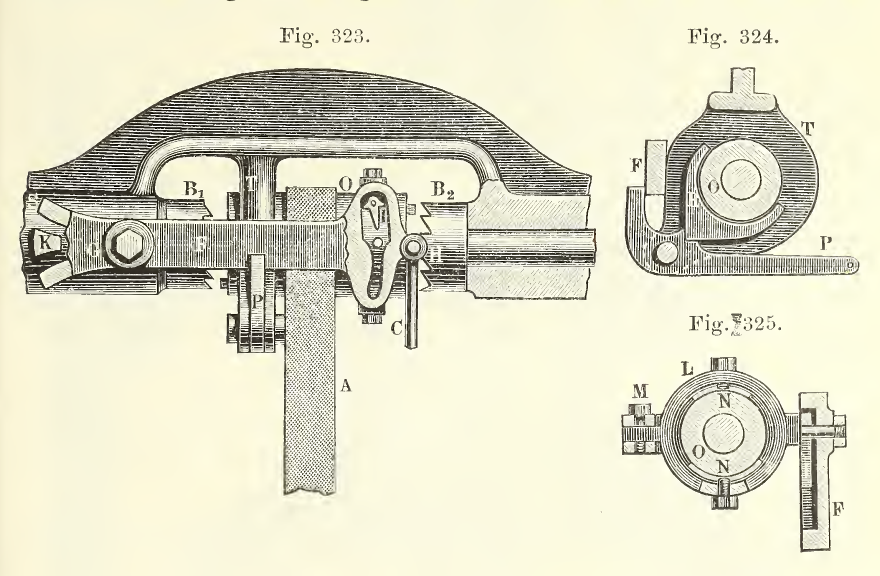



Fig. 325.

dieser Weise eine Einrückung der Spule an der entgegengesetzten Seite als vorher bewirkt werden muss.

Schliesslich dient zum Festhalten der Spule der durch den Bremshebel $P$ bewegte und mit diesem verschraubte Bremsbacken $R$ (Fig. 324); in der gezeichneten Stellung hält der Klinkhebel $F$, welcher sich zwischen den Bremshebel und die gusseiserne Rippe $T$ des Hammergerüsts legt, die Bremse geöffnet; sobald dieser sich hebt, wird der Hebel $P$ frei und drückt vermöge des grössern Gewichts seines horizontalen Arms die Backe $R$ fest gegen $O$; die Spule wird jedoch frei, sobald der Tritthebel $T$ niedergedrückt, dadurch die mit demselben verbundene Stange $S$ gehoben und somit auch der Horizontalarm des Bremshebels emporgedrückt wird.

Der Gang der Maschine wird nun ohne Weiteres verständlich sein.

Wenn die Spule mit einer der Kupplungsklauen in Eingriff gebracht worden ist, wird sie von dieser in Drehung versetzt, wickelt dabei den

Riemen auf, und der Hammer steigt. Sobald der Ring *E* des Hammers den Ring *D* der Stange trifft, wird diese und der Klinkhebel *F* gehoben, es erfolgt Ausrückung, und der Hammer würde ohne Weiteres niederfallen, wenn nicht in demselben Augenblicke auch der Bremshebel *P* durch das Anheben von *F* frei würde und nun durch Andrücken der Backe *R* an die Spule diese fest und somit den Hammer schwebend erhält. Der Schlag erfolgt, sobald durch Niederdrücken des Trittes *T* die Spule frei gemacht wird. Der Riemen wickelt sich von der Spule ab und versetzt diese in rasche, der vorausgegangenen Bewegungsrichtung entgegengesetzte Drehung. Der Hammer prallt nach erfolgtem Schlage zurück und die Spule dreht sich vorläufig vermöge ihrer lebendigen Kraft in gleicher Richtung als beim Abrollen weiter.

Inzwischen ist aber auch die Stange *C*, nachdem sie von dem Bär frei geworden war, wieder niedergegangen, hat den Klinkhebel *F* nachgezogen und bringt die Spule mit der zweiten Klaue, welche sich in derselben Richtung als diese dreht, in Eingriff, während die Bewegung der Spule sich schon verlangsamt, aber bevor ein zweites Zurückfallen erfolgt. Durch diese einfache Einrichtung, dass die abwechselnd zum Eingriff gelangenden Kupplungen stets dieselbe Drehungsrichtung besitzen als die beim Niederfallen des Hammers umlaufende Spule, wird sowohl ein zweiter Schlag des Hammers als auch jeder Stoss und jedes Zerren des Riemens verhütet, welches eine Beschädigung desselben zur Folge haben könnte.

Hält man den Tritt niedergedrückt, so folgt Schlag auf Schlag, dessen Hubhöhe von der Stellung des Ringes *D* abhängig ist; ebenso ist ein ganz allmäliges Niederlassen des Fallbärs durch Benutzung der Bremse ermöglicht.

Endlich giebt der Haupthebel *U*, welcher unter die Stange *C* greift, die Möglichkeit, die selbstthätige Steuerung in eine Steuerung von Hand umzuwandeln, den Hub in jedem Augenblicke zu unterbrechen und dadurch die Wirkung jedes einzelnen Schlages schwächer oder stärker ausfallen zu lassen.

Bei einer Hubhöhe von 300 Mm. macht der Hammer 100 Schläge per Minute.

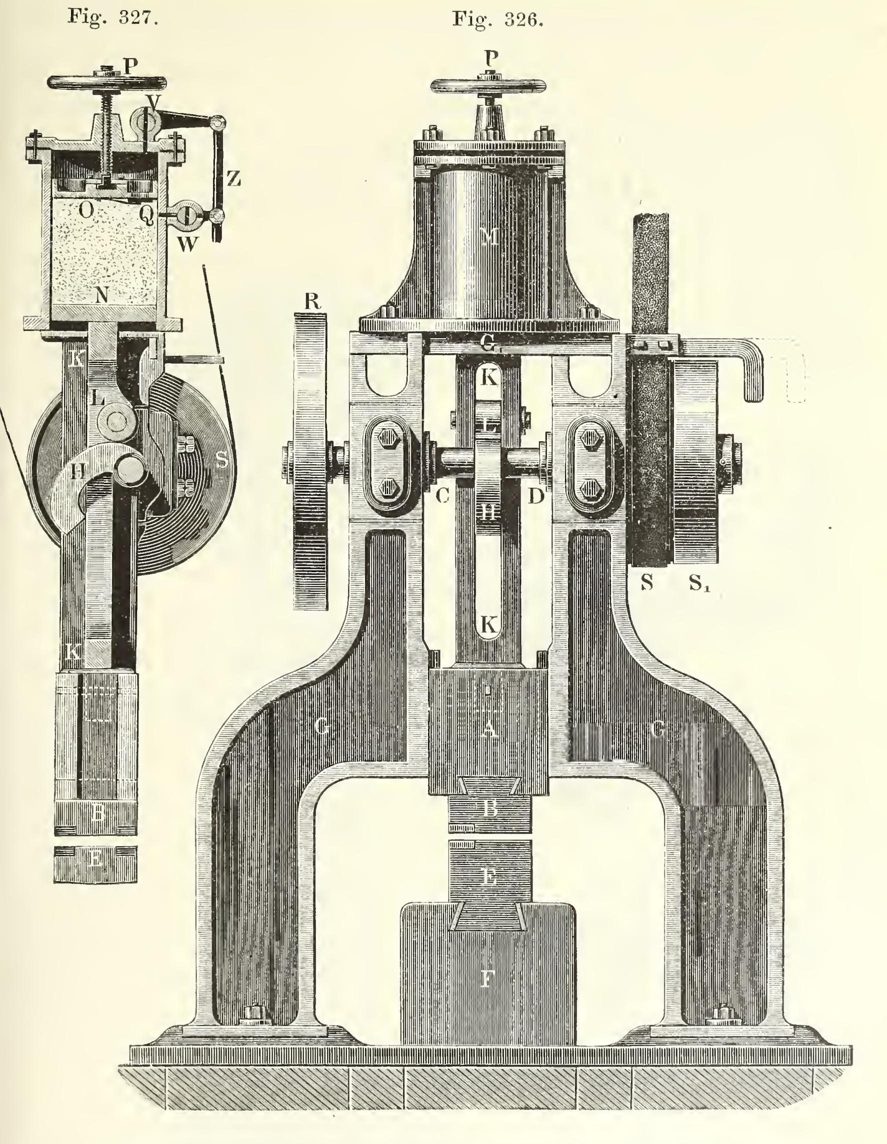
Daumenhämmer. Der Anhub erfolgt durch einen auf einer Welle befindlichen Daumen. Um eine vermehrte Hubzahl mit grösserer Intensität jedes Schlages hervorzubringen, ist die Bewegung des Daumens rasch, und eine Prellvorrichtung, bestehend aus einer Feder, aus Buffern mit Kautschukeinlagen oder aus comprimirter Luft, dient zur Begrenzung der Hubhöhe und zum Zurückwerfen des Fallblocks mit beschleunigter Geschwindigkeit.

In den Figuren 326 und 327 ist ein solcher Daumenhammer älterer Construction mit Luftbuffer abgebildet[1]). *G G* ist das gusseiserne

[1]) Weisbach, Mechanik, III. Theil, S. 1229.

Hammergerüst, *CD* die Umtriebswelle mit dem Schwungrade *R* und der festen und losen Riemenscheibe *S* und $S_1$, sowie dem Daumen *H*. *A* ist der gusseiserne Hammerbär, *B* die Hammerbahn, *E* der Ambos und *F* die Chabotte. Der Hammerstiel *K* ist geschlitzt und in demselben die

Fig. 327. Fig. 326.




Frictionsrolle *L* angebracht, welche vom Daumen ergriffen wird. Auf dem Hammergerüste befindet sich der Cylinder *M*, in welchem sich der auf dem obern Ende des Hammerstiels befestigte Kolben *N* bewegt, so dass bei dem Aufsteigen des Hammers die in dem Cylinder befindliche

Luft comprimirt wird. Um die Federkraft der im Cylinderraum *N O* abgeschlossenen Luft reguliren zu können, ist noch ein zweiter Kolben *O* angebracht, welcher mit Schraube und Handrad verstellbar gemacht ist; zu demselben Zwecke dienen die Hähne *V* und *W*, welche sich mittelst der Stange *Z* öffnen und schliessen lassen, und endlich ist der Stellkolben *O* mit dem sich nach unten öffnenden Ventile *Q* versehen.

Hinsichtlich anderer Constructionen solcher Daumenhämmer muss auf die unten gegebene Literatur verwiesen werden; es sei nur noch erwähnt, dass die bewährteste derselben von Jean Schmerber herrührt und man deshalb diese Art Hämmer auch wohl Schmerber'sche Stempelhämmer nennt. Die Prellung wird bei den letzteren durch Kautschukplatten hervorgerufen.

Frictionshämmer. Der Nachtheil der Daumenhämmer, dass ihre Hubhöhe nur eine sehr beschränkte ist, führte zu der Construction der Frictionshämmer. Zwei Frictionsrollen, von denen die eine durch die Umtriebskraft in Drehung versetzt, die andere durch die Hand des Arbeiters, durch eine Feder oder durch ein Gewicht gegen den Stiel gedrückt wird, heben denselben vermittelst der erzeugten Reibung empor; sobald die bewegliche Rolle zurückgezogen wird, erfolgt das Niederfallen. Die Figuren 328 und 329 stellen den obern Theil eines solchen Hammers dar[1]. *A A* ist der Kopf des Hammergerüsts, *B C* das obere Ende des Hammerstiels, *E* die Frictionsrolle mit beweglicher Achse. Die Zapfenlager *L L* der letztern ruhen vermittelst der Träger *F G* in den festen Lagern *G* und lassen sich mit Hülfe des Kniehebels *K H G* und der Schubstange *S* um *F* drehen. Da mit einer solchen Drehung auch eine Verschiebung in horizontaler Richtung verbunden ist, so wird die Frictionsrolle *E* an den Stiel des Hammers angedrückt und letzterer gehoben, sobald sich *D* in entsprechender Richtung dreht.

Fig. 328.

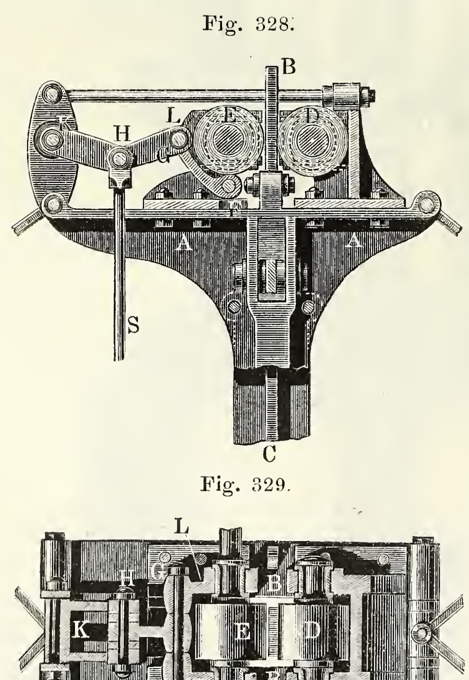


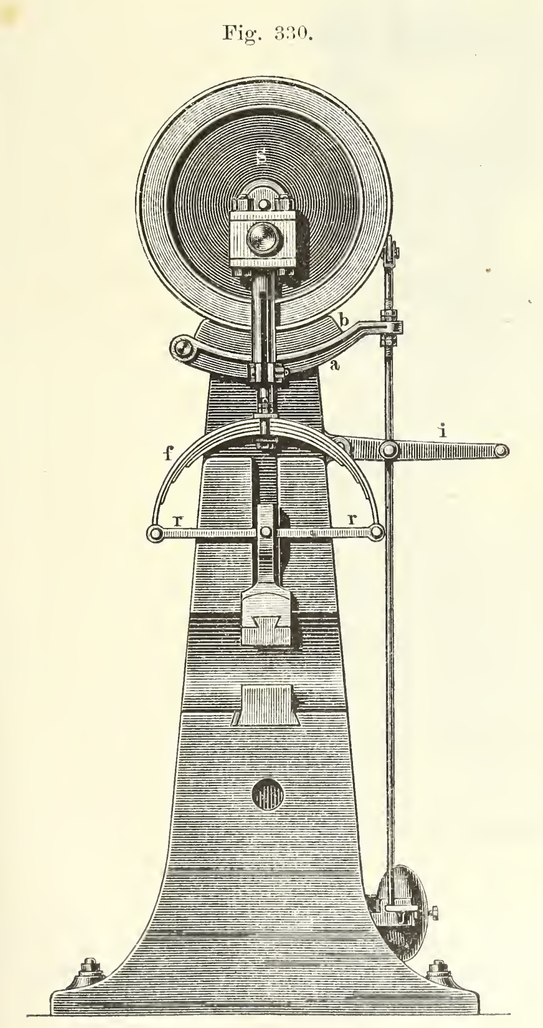

Fig. 329.

[1]) Weisbach, op. cit. S. 1244 ff.

Bei den Frictionshämmern lässt sich die Hubhöhe beliebig steigern und dadurch eine Prellvorrichtung oder ein grosses Hammergewicht ersetzen, welches beträchtliche Reibung zwischen Frictionsrollen und Hammerstange erfordern würde. Durch die grössere Hubhöhe wird aber die Hubzahl natürlich entsprechend vermindert. In Folge der Reibung zwischen Frictionsrolle und Hammerstiel ist der letztere einer raschen Abnutzung unterworfen.

Federhämmer. Die Bewegung erfolgt durch Kurbel und Schubstange. Zwischen der letztern und dem Hammerbär ist eine Feder eingeschaltet, welche die durch einfache Kurbelbewegung erzeugte, gegen das Ende des Auf- und Niedergangs sich dem Kurbelgesetze entsprechend verlangsamende Bewegung des Hammers in eine Schlagwirkung umwandelt, gleichzeitig den Stoss beim Anhube und die Rückwirkung der Schläge auf den Bewegungsmechanismus, wie sie bei den übrigen Transmissionshämmern unvermeidlich ist, aufhebt oder abschwächt. Diese Vortheile haben in neuerer Zeit den Federhämmern in solchen Schmiedewerkstätten u. s. w. eine ziemlich häufige Verwendung verschafft, wo man nicht in der Lage war, einen eigentlichen Dampfhammer zu benutzen. Eine der besten hierher gehörigen Constructionen ist der Federhammer von Shaw and Justice in Philadelphia, der mit einigen Verbesserungen auch von L. A. Riedinger in Augsburg gebaut wird. Die Figuren 330 und

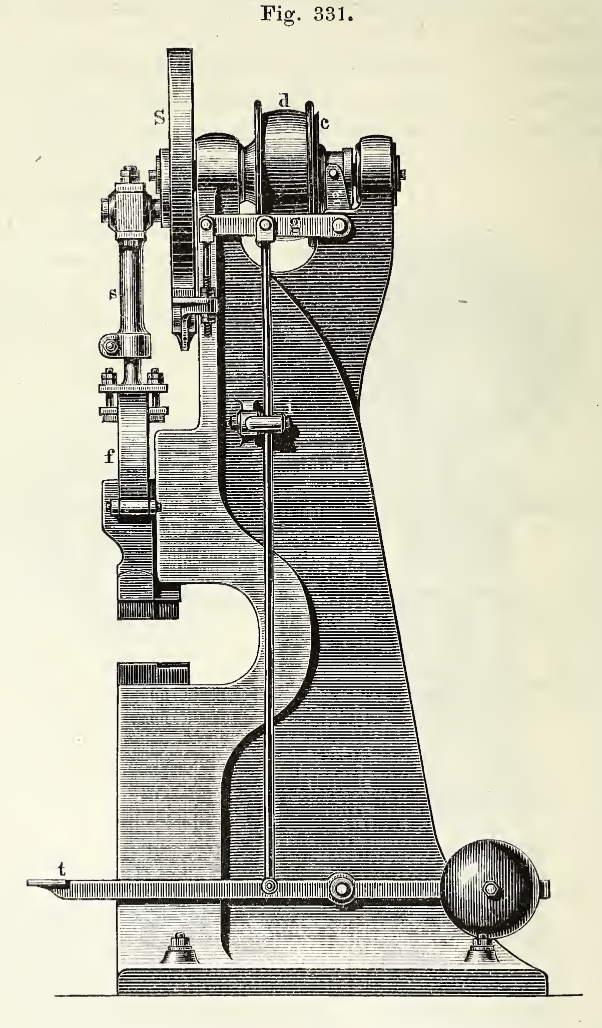
Fig. 330.



331 zeigen einen solchen Riedinger'schen Federhammer in $^1/_{15}$ der wirklichen Grösse [1]).

Es ist hier *f* die halbkreisförmige, aus Stahl gebildete Feder, durch zwei radiale Stahlschienen *r r* zusammengehalten, welche im Mittelpunkte des Halbkreises durch ein charnierartiges Gelenk unter sich und mit

Fig. 331.




dem Hammerbär *t* verbunden sind, so dass letzterer, der übrigens in senkrechten Führungen des Hammerständers gleitet, während der Ruhe in der aus Fig. 330 ersichtlichen Stellung an der Feder hängt. Die Feder

[1]) Dingler's polytechnisches Journal Bd. 213, S. 194; Hauer, Hüttenwesensmaschinen, 2. Aufl., S. 327.

ist in der aus den Abbildungen ersichtlichen Art und Weise mit der Schubstange *s* verbunden; damit aber die Feder, entsprechend der verschiedenen Stärke der Schmiedestücke, höher und niedriger gestellt werden kann, besteht die Schubstange aus zwei Theilen, deren oberer geschlitzt ist, durch einen Schraubenbolzen zusammengedrückt wird und den untern Theil hülsenartig umschliesst. Mit dem obern Ende ist die Schubstange an den Kurbelzapfen angeschlossen, welcher in der gusseisernen Schwungscheibe *S* befestigt ist und sich mit dieser dreht.

Wird nun durch Umdrehung der Kurbel die Feder rasch angehoben, so vermag der Fallblock vermöge seiner Trägheit dieser Bewegung nicht so rasch zu folgen, die beiden Schienen *r r* bilden einen stumpfen Winkel gegen einander und die Enden der Feder werden zusammengebogen. Hierdurch vergrössert sich die Federspannung; es tritt in Folge davon nunmehr eine beschleunigte Bewegung des Hammers ein, und die Schienen gelangen wieder in geradlinige Lage. Gleichzeitig ist aber die Kurbel auf dem höchsten Punkte angelangt und beginnt ihren Lauf abwärts. Der Hammer steigt indessen vermöge seiner lebendigen Kraft noch aufwärts, die Schienen bilden einen stumpfen Winkel nach oben, die Feder wird abermals gespannt.

Sobald aber jene lebendige Kraft überwunden ist, wirken auf den Fallblock vereint sein eigenes Gewicht, der Druck der Schubstange und die hervorgerufene Federspannung; es tritt also ein lebhaft beschleunigter Niedergang ein, und der Hammer schlägt mit dieser beschleunigten Geschwindigkeit auf. Dadurch gehen die Schienen wieder durch die geradlinige in die umgekehrte Lage über, die Feder wird abermals gebogen, und ein neuer Hub beginnt unter den für die Wirkung günstigsten Verhältnissen.

Zur Erzeugung der Kurbelbewegung ist die Scheibe *S* auf einer horizontalen Welle befestigt, auf welcher sich gleichzeitig der Frictionsconus *c* und die zugleich als Frictionsscheibe dienende Riemenrolle *d* befinden. *d* dreht sich lose auf der Welle, *c* ist durch Nuth und Feder mit derselben verbunden und versetzt sie also in Umdrehung, sobald der Conus mit Hülfe des Winkelhebels *g* mit *d* in Eingriff gebracht wird. Zur Bewegung des Hebels *g* dient die senkrechte Zugstange, welche sowohl von dem Tritthebel *t* als dem Handhebel *i* aus gehoben und gesenkt werden kann. Schliesslich dient eine Bremsvorrichtung zur Regulirung des Ganges und zum raschen Innehalten der Bewegung. Dieselbe wird gebildet durch den Bremsklotz *b*, welcher durch den Bremsbügel *a* gegen die Scheibe *S* gedrückt wird. Der Bügel *a* dreht sich an dem einen Ende um einen an dem Gerüstständer befindlichen Bolzen, das andere Ende ist durch eine schmiedeeiserne Zugstange mit dem verlängerten Arme des Hebels *g* verbunden, so dass, wenn man die Zugstange abwärts bewegt und dadurch den Frictionsconus *c* gegen die Scheibe *d* drückt, gleichzeitig die Bremse gelöst wird, umgekehrt aber die Bremse

in demselben Augenblicke angezogen wird, wo man durch Empordrücken der Stange die Frictionskupplung löst.

Der Ständer des Hammers ist als Hohlguss gefertigt.

Solche Hämmer werden in Grössen von 7,5 Kilo bis 400 Kilo Bärgewicht ausgeführt, die Hubhöhe der ersteren beträgt 150 Mm. bei 450 Hüben per Minute, die Hubhöhe der letzteren 775 Mm. bei 100 Hüben per Minute. Die erforderliche Betriebskraft ist nach Angabe des Fabrikanten bei der kleinsten Sorte $^1/_4$ Pferdekraft, bei der grössten 8 Pferdekräfte.

Pneumatische Hämmer. Statt einer Transmissionswelle dient Luft, welche in einer Röhrenleitung eingeschlossen ist, zur Transmission der Arbeit der Betriebsmaschine auf den Hammer. Zu diesem Zwecke endigt der Hammerstiel in einem geliderten Kolben, welcher in einem gusseisernen Cylinder sich bewegt. Entweder wird durch eine Compressionspumpe die Luft unterhalb des Kolbens verdichtet, dadurch der Hammer gehoben und durch Oeffnung eines Ventils, welches die eingeschlossene Luft entweichen lässt, zum Niederfallen gebracht; oder es wird durch eine Luftpumpe die Luft oberhalb des Kolbens verdünnt und dadurch ein Steigen desselben bewirkt.

Die Anwendung pneumatischer Hämmer ist selten; denn während bei den übrigen Transmissionshämmern die grössere Einfachheit und Billigkeit der Anlage und Wartung gegenüber den direct wirkenden Dampfhämmern für ihre Wahl mitsprechen kann, dürften bei einem pneumatischen Hammer diese Vorzüge nur dann sich darthun lassen, wenn nicht gerade Dampf, sondern die billigere Wasserkraft als Betriebskraft gebraucht wird und eine Transmission, von welcher aus ein Hammer betrieben werden könnte, nicht zu Gebote steht. Wir glauben daher, uns auf vorstehende Angaben beschränken und hinsichtlich des Weitern auf die unten gegebene Literatur verweisen zu dürfen.

Dampfhämmer. Der Hammerbär ist mit der Kolbenstange eines Dampfcylinders fest verbunden und wird also von dem Kolben aus direct bewegt. Bei einer einzigen Construction (Condie's Dampfhammer) findet hiervon insofern eine Ausnahme statt, als der Cylinder beweglich ist und den Bär trägt, während der Kolben feststeht. Die Bewegung erfolgt fast immer in senkrechter Richtung; die Geschwindigkeit beim Niederfallen wird entweder durch den freien Fall allein hervorgerufen (einfach wirkende Dampfhämmer), wobei die Hubzahl durch Anwendung einer Prellvorrichtung vergrössert werden kann, als welche meistens Dampf oder atmosphärische Luft dient, welche von dem aufsteigenden Kolben eingeschlossen und zusammengedrückt wird, oder die Fallgeschwindigkeit wird durch Dampf beschleunigt, welcher über den Kolben geleitet wird, sobald derselbe seinen höchsten Stand erreicht hat (doppelt wirkende oder Hämmer mit Oberdampf). Giebt man nun bei den letzten Hämmern dem Kolben einen verhältnissmässig grossen Querschnitt im Vergleiche zu dem Gewichte des Hammers, steigert also hier-

durch die Geschwindigkeit; giebt man ferner dem Hammer eine geringe Hubhöhe und verleiht ihm durch diese beiden Mittel die Möglichkeit, eine grosse Anzahl Schläge in gewisser Zeit auszuführen, deren Wirkung bei geringem Gewichte des Hammers vorzugsweise auf der grossen Endgeschwindigkeit beruht, so nennt man solche kleinen Hämmer mit grosser Hubzahl (bis zu 400 Schlägen per Minute), welche sich nach Früherm durch Beschleunigung der Arbeit vorzugsweise zur formgebenden Verarbeitung, nicht aber zur Verdichtung der Metalle eignen, Schnellhämmer.

Zur Regulirung des Dampf-Zuflusses und -Abflusses muss jeder Dampfhammercylinder mit einer Steuerung versehen sein, welche ebenso wie bei anderen Dampfmaschinen aus Schieber, Ventilen, Hähnen oder Kolben bestehen kann und nach denselben Regeln wie bei jenen construirt wird. Hier wie dort besitzt ein jeder dieser Steuerungsmechanismen seine Vor- und Nachtheile.

Die gewöhnlichen Muschelschieber sind, zumal wenn die Bewegung von der Hand des Maschinenwärters zu geschehen hat, schwer beweglich, um so schwerer, je grösser die Dimensionen und also auch der auf dem Schieber lastende Dampfdruck ist. Schon bei Hämmern von 2500 Kilogramm Fallgewicht macht sich dieser Uebelstand fühlbar. Man kann denselben verringern, indem man die Muschelschieber durch getrennte Plattenschieber für Ein- und Ausgang ersetzt, dadurch also die dem Dampfdrucke ausgesetzte Schieberfläche verringert; oder indem man sogenannte entlastete Schieber anwendet, obgleich diese sich am wenigsten bewährt haben dürften; oder indem man statt der Muschelschieber Röhrenschieber (Napier'sche) anbringt [1]).

Ventile, als Doppelsitzventile construirt, unter denen sich die Glockenventile durch Zweckmässigkeit auszeichnen, sind leichter beweglich als Schieber, werden aber bei raschem Gange des Hammers bald undicht und sind aus diesem Grunde bei Schnellhämmern weniger verwendbar als letztere, zumal da die Nachtheile der Schieber gerade bei den kleinen Schnellhämmern am wenigsten bemerkbar auftreten. Dagegen sind die Ventile bei grossen Hämmern vielfach mit bestem Erfolge in Anwendung.

Unter den Hähnen für Dampfsteuerung wird der Wilson'sche Hahn für Dampfhämmer mittlerer und kleiner Grösse häufig benutzt und besitzt den gewöhnlichen Hahnsteuerungen gegenüber den Vortheil leich-

---

[1]) Die allgemeine Einrichtung der Steuerungsmechanismen für Dampfmaschinen wird als bekannt vorausgesetzt. Belehrung darüber giebt jedes Lehrbuch der Maschinenlehre, unter anderen auch Weisbach's Mechanik, Bd. 2; Zeuner, Die Schiebersteuerungen, 4. Aufl., Leipzig 1874; Bernoulli, Dampfmaschinenlehre, bearbeitet von Böttcher, Stuttgart 1865, S. 268 bis 316; Müller-Melchior, Die Dampfmaschinensteuerungen auf der Wiener Weltausstellung, Separatabdruck aus Dingler's polytechnischem Journal, Bd. 212 bis 214; Geschichtlicher Ueberblick über die Steuerungen der Dampfmaschinen, Uhland's Maschinenconstructeur, Jahrgang 1874, S. 89.

terer Beweglichkeit, zugleich aber den allen Hähnen gemeinsamen Nachtheil, dass bei verschiedener Ausdehnung des Gehäuses und Hahns eine Klemmung oder eine Undichtigkeit eintreten muss.

Kolbensteuerung ist bei den Dampfhämmern im Allgemeinen wegen rascher Abnutzung und mangelhaften Dichtens wenig in Gebrauch.

Diese sogenannte innere Steuerung wird durch die äussere Steuerung bewegt, welche aus einem Systeme von Hebeln, Zugstangen u. s. f. zu bestehen pflegt und entweder von Hand oder selbstthätig vom Fallblocke aus bewegt wird, sobald derselbe das Ende seiner Bahn erreicht hat. Selbstthätig pflegt die Steuerung bei allen Hämmern nach Beendigung des Aufsteigens auf die grösste zulässige Hubhöhe zu sein, um Beschädigungen durch versäumtes Umsteuern zu vermeiden; eine Verkürzung des Hubes lässt sich in den meisten Fällen durch früheres Umsteuern von Hand oder durch eine Veränderung des Steuerungsmechanismus (wodurch frühere selbstthätige Umsteuerung erfolgt) erreichen; bei kleinen Hämmern ist dagegen auch eine selbstthätige Umsteuerung nach beendigtem Niederfallen gebräuchlich. Bei fast allen Dampfhämmern ist es ausserdem möglich, durch Zuleitung von Dampf unter den Kolben während des Niederfallens die Wirkung des Schlages abzuschwächen oder ganz zu unterbrechen; es ist ein bekanntes Kunststückchen der Maschinenwärter, durch Knacken einer Nuss unter einem schweren Dampfhammer, ohne sie zu zerquetschen, zu zeigen, wie genau die Stärke jedes Schlages sich regeln lässt.

Das Fallgewicht beträgt bei den kleinsten Dampfhämmern 50 Kilogramm und steigt bei einem in der Gussstahlfabrik zu Perm angelegten Dampfhammer, dessen Wirkung noch durch Oberdampf verstärkt wird, auf 50 000 Kilogramm; die Hubhöhe bei kleinen Schnellhämmern 150 bis 200 Mm., bei schweren Hämmern (Krupp in Essen, Arsenal in Woolwich und andere) 3,2 Meter.

Hauer giebt für Ermittelung einer zweckmässigen Hubhöhe die empirische Formel:

$$H = 0{,}026 \sqrt{G},$$

worin $H$ die Hubhöhe in Metern, $G$ das Fallgewicht in Kilogramm bedeutet, und fügt hinzu, dass die dadurch erhaltenen Resultate besonders bei kleinen Hämmern ziemlich genau mit der Wirklichkeit übereinstimmen, es jedoch durchaus nicht geboten sei, sich streng an obige Formel zu halten.

Folgende Tabelle kann eine ungefähre Uebersicht der Fallgewichte, Hubhöhen und Anzahl der Hübe von Dampfhämmern für die verschiedenen Verwendungen derselben geben:

| | Fallgewicht Kilogramm | Hubhöhe Millimeter | Anzahl der Hube per Minute |
|---|---|---|---|
| In Schmiedewerkstätten | | | |
| für kleine Gegenstände . . . . . | 50 — 500 | 150 — 600 | 200 — 400 |
| „ grössere Gegenstände . . . . | 500 — 1000 | 600 — 1000 | 100 — 200 |
| In Puddelwerken | | | |
| zum Verdichten der Luppen . . . | 1500 — 2500 | 1000 — 1500 | 80 — 100 |
| In Eisenwalzwerken | | | |
| zum Schweissen und Verdichten | | | |
| für Gegenstände mittlerer Grösse | 2500 — 5000 | 1250 — 1800 | 80 — 100 |
| „ gröbere Gegenstände (Brammenhämmer) . . . . . . . . | 5000 — 10000 | 1500 — 2400 | 60 — 80 |
| In Bessemerwerken und Gussstahlfabriken | | | |
| für Gegenstände mittlerer Grösse | 10000 — 20000 | 2000 — 3000 | 60 — 80 |
| In Gussstahlfabriken | | | |
| für grössere Blöcke . . . . . . . | 20000 — 50000 | 3000 — 3200 | 60 |

Für die Form des Amboses gelten die oben für die Ambose der Rahmenhämmer im Allgemeinen gegebenen Regeln. Die Chabotte besteht aus Gusseisen und erhält in Anbetracht der bedeutenden Wirkung des Hammers ein oft ungeheures Gewicht. Hauer giebt für die Berechnung des Chabottengewichts die Regel, dass bei Hämmern ohne Oberdampf dasselbe gleich $4\,GH$ bis $5\,GH$ zu nehmen sei, worin $G$ das Fallgewicht und $H$ die Hubhöhe in Metern bedeutet; bei doppelt wirkenden Hämmern würde man das Gewicht um so viel grösser zu nehmen haben, als die Wirkung des Schlages durch die Anwendung des Oberdampfs verstärkt wird; und beim Schmieden von Stahl soll die Chabotte um die Hälfte schwerer gemacht werden, als beim Schmieden von Eisen. Im Allgemeinen findet man das relative Chabottengewicht um so kleiner, je grösser der Hammer ist. Wo es irgend angeht, giesst man die Chabotte in einem Stücke, und ist bei grossen Hämmern oft zur Herrichtung besonderer Schmelzvorrichtungen dafür genöthigt[1]).

Diese Chabotte wird nun bei den grösseren Hämmern auf ein hölzernes, am zweckmässigsten aus verticalen, durch eiserne Ringe zu einem Ganzen verbundenen Balken bestehendes Fundament gestellt, welches mehrere Meter tief zu sein pflegt und auf einem soliden Baugrunde ruht; und um die Fortpflanzung der Erschütterungen auf das umliegende Erd-

[1]) Ueber den Guss einer 635 000 Kilogramm schweren Hammerchabotte zu Perm siehe Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1874, S. 1.

reich abzuschwächen, wird dieses Holzfundament mit einem gemauerten Schachte umgeben, weit genug, dass zwischen Mauer und Holz ein ziemlich grosser Zwischenraum bleibt, der mit Kies oder ähnlichem Materiale ausgefüllt wird.

Das Hammergerüst wird bei allen grösseren Dampfhämmern neuerer Construction unabhängig von der Chabotte fundamentirt, um es möglichst gegen die von den Hammerschlägen ausgeübten Erschütterungen zu sichern; nur bei Schnellhämmern stellt man Chabotte und Hammerständer auf ein gemeinschaftliches Fundament und auch wohl eine gemeinschaftliche Grundplatte.

Dieses Hammergerüst, welches den Dampfcylinder und die Steuerungstheile trägt, besteht gewöhnlich aus zwei gusseisernen Ständern, bei kleinen Hämmern auch häufig nur aus einem einzigen Ständer, wodurch der Ambos von drei Seiten zugänglich wird (vergleiche die unten gegebenen Abbildungen von Dampfhämmern). Bei sehr grossen Hämmern construirt man die Ständer aus Eisenblech.

Unter allen für die Verarbeitung der Metalle dienenden Maschinen tritt kaum eine andere in so mannigfachen und so erheblich unter sich abweichenden Constructionen auf als der Dampfhammer. Die Hauptunterschiede dieser Constructionen wurden bereits in Vorstehendem hervorgehoben; sie beruhen in der Art und Weise, wie der Dampf zur Wirkung gelangt, wie die Steuerung bewirkt wird u. s. f. Aus diesen Unterschieden gingen nun jene Dampfhammersysteme hervor, aus denen wir im Folgenden diejenigen hervorheben und charakterisiren wollen, welche als Typen einer grössern Gruppe oder durch besondere Constructionsverhältnisse hervorragendes Interesse verdienen.

Die erste Idee der Construction eines Dampfhammers rührt von James Watt her, welcher im Jahre 1784 ein Patent auf einen Hammer nahm, dessen Bär mit der Kolbenstange eines darüber stehenden Dampfcylinders in Verbindung stand, durch Dampfdruck gehoben wurde und durch sein eigenes Gewicht wieder niederfiel. Watt erlebte jedoch nicht die Ausführung seiner Erfindung. Das Bedürfniss für Anwendung von Dampfkraft zur Formveränderung der Metalle lag noch nicht vor, da die letztere in ihrem Umfange wie ihrer Totalleistung bei Weitem nicht dem jetzigen Stande nahe stand, und die damals in Anwendung befindlichen, jedenfalls billigeren, Stielhämmer allen Ansprüchen genügten.

Auch eine dem Ingenieur W. Deverell in London 1806 patentirte Dampfhammerconstruction, bei welcher eingeschlossene Luft als Prellung diente, blieb vorläufig unausgeführt.

Erst in den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts wurde auf Grundlage der Ideen Watt's und Deverell's der erste durchaus brauchbare Dampfhammer durch den Ingenieur Nasmyth in Patricoft bei Manchester construirt und im Jahre 1842 durch die Gebrüder Schneider in Creuzot erbaut, während fast zu gleicher Zeit ein ähnlicher Dampfhammer

auf der Königin-Marienhütte bei Zwickau nach einer Zeichnung des dortigen Directors Dorning ins Leben trat.

Diese ersten Dampfhämmer hatten einen oben offenen Cylinder, Schiebersteuerung von Hand, einen langgestreckten Bär mit kreuzförmigem Grundrisse, welcher zwischen vier unter sich verbundenen Ständern geführt wurde.

Cavé schloss den obern Theil des Cylinders durch einen mit Sicherheitsventil versehenen Hut, stellte die Ständer auf einen schweren gusseisernen Fundamentblock, welcher auch Ambos und Chabotte trug, und fundamentirte das Ganze durch ein Rostwerk hölzerner Balken, welche auf einem darunter befindlichen starken Mauerkörper gelagert waren [1]).

Auch der Cavé'sche Hammer, welcher seiner Zeit sich vielfacher Anwendung erfreute, wurde jedoch durch neuere Constructionen überholt. Es war wieder Nasmyth, welcher nicht allein die erste Selbststeuerung an den Dampfhämmern anbrachte, sondern sie auch in anderer Weise mit Verbesserungen versah, welche den Nasmyth'schen Dampfhammer in seinen Hauptzügen bis heute als Typus einer in zahlreichen Nachbildungen vertretenen Gruppe erscheinen lassen.

Nasmyth'sche Dampfhämmer neuerer Construction. Der Hammerbär ist durch eine dünne Kolbenstange mit dem Dampfkolben verbunden, und es concentrirt sich daher das Gewicht sämmtlicher gehobener Theile im Bär. Der Anhub erfolgt, indem Dampf unter den Kolben tritt, der Fall durch die Wirkung der Schwere, häufig verstärkt durch eine Prellvorrichtung, als welche comprimirter Dampf oder Luft in dem obern Theile des Cylinders benutzt wird. Bei Anwendung von Dampf als Prellkissen erhöht man nicht selten die Wirkung desselben, indem man durch den im höchsten Stande angelangten Kolben ein Ventil öffnen lässt, durch welches Oberdampf einströmt; es erfolgt aber Dampfabsperrung und Entweichen des eingeschlossenen Dampfes, sobald der Kolben seinen Rückgang antritt, und hierdurch unterscheiden sich diese Hämmer von den eigentlichen doppeltwirkenden Dampfhämmern. Das Hammergerüst besteht aus zwei Ständern, zwischen denen der Bär in allen Stellungen geführt ist. Als Steuerung dienten ursprünglich Schieber, in neuerer Zeit vielfach Ventile. Die äussere Steuerung ist bei den modernen Hämmern selten ganz selbstthätig, wie es von Nasmyth zuerst eingeführt, bei öfterer Anwendung jedoch für diese grösseren Hämmer, bei denen eine häufige Regulirung der Schlagstärke erforderlich ist, als nicht zweckmässig befunden wurde; häufiger ist die selbstthätige Steuerung auf die Begrenzung des Hubes und Bewirkung einer Dampfexpansion beschränkt.

Es folgt aus dieser Charakteristik der Nasmyth-Hämmer, dass dieselben eine um so stärkere Wirkung liefern und um so geringere Hubzahl besitzen werden, je grösser ihre Hubhöhe und ihr Gewicht ist; sie

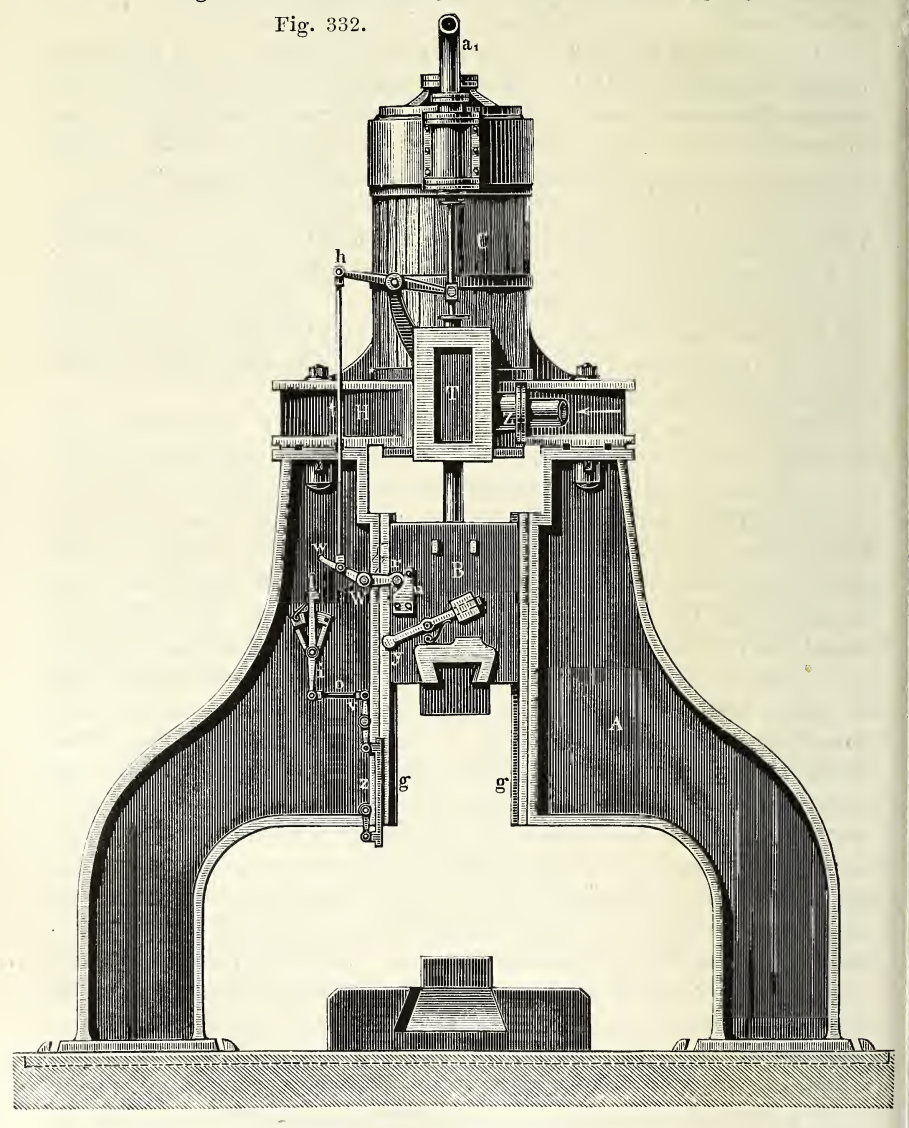
---

[1]) Vgl. Weisbach, Mechanik, III. Thl., S. 1256.

sich deshalb vorzugsweise zum Schmieden solcher Gegenstände eignen, bei denen neben einer Formveränderung auch eine Verdichtung beabsichtigt wird.

In den Figuren 332 und 333 ist ein Nasmyth'scher Dampfhammer mit selbstthätiger Schiebersteuerung beim Auf- und Niedergange und mit

Fig. 332.

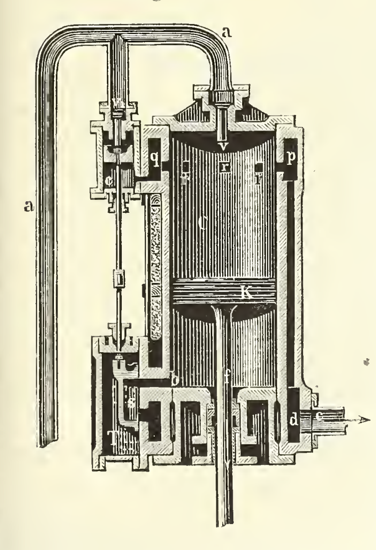



Hubbegrenzung durch Oberdampf abgebildet. Obschon die von Nasmyth erfundene Construction dieses Hammers und seiner Steuerung in derselben Form bei neueren Hämmern vielfach abgeändert worden ist, ist dieselbe doch wohl geeignet, die Vorgänge bei dem Gange eines Dampf-

hammers im Allgemeinen zu veranschaulichen, und wurde deshalb als Grundlage für die späteren Besprechungen gewählt.

Es sind hier *AA* die gusseisernen, mit Rippen versehenen Gerüstständer, mit Führungen *gg* an der nach innen gerichteten Seite, welche in entsprechende Nuthen des Hammerbärs *B* eingreifen. Oben werden die Ständer durch den Holm *H* zusammengehalten, welcher den Boden des Dampfcylinders *C* nebst Stopfbüchse für die Kolbenstange enthält (Fig. 333) und somit den Dampfcylinder trägt. An letzterem ist der Schieberkasten *T* mit dem Schieber *S* und dem Zuleitungsrohr *Z* befestigt, während der verbrauchte Dampf durch den ringförmigen Canal *d* und das Ausblaserohr *e* entweicht. In Fig. 332 befindet sich der Steuerungsschieber in seiner tiefsten, in Fig. 333 in seiner höchsten Stellung. Die entgegengesetzten Stellungen sind in beiden Figuren durch punktirte Linien angedeutet. Steht der Schieber unten, wie in Fig. 333 punktirt, so tritt Dampf unter den Kolben und der Hub beginnt. Die über dem Kolben befindliche Luft entweicht durch die Oeffnungen *r* in den ringförmigen Canal *q* und von hier durch den senkrechten Canal *p* nach dem Ausblaserohre *e* (Fig. 333).

Fig. 333.




Die Schieberstange ist durch ein Gelenk mit dem Hebel *h* und dieser durch eine Zugstange *t* mit dem Winkelhebel *w* verbunden (Fig. 332), welcher bei *W* seinen festen Drehpunkt hat und an dem andern Ende das Röllchen *r* trägt. An dem Bär ist ein an der linken Seite curvenförmig begrenzter Anschlag *u* festgeschraubt. Wenn nun der Bär steigt, trifft dieser Anschlag die Rolle, drückt den betreffenden Arm des Winkelhebels empor, wodurch in Folge des Zusammenwirkens von *w*, *t* und *h* auch der Steuerungsschieber aufsteigt und den Canal *b* verschliesst. Der Dampf wird abgesperrt und der im Cylinder eingeschlossene Dampf arbeitet durch Expansion. Der Bär steigt weiter, das Röllchen wird allmälig von der äussersten Kante des Anschlags *u* erfasst, dadurch in die höchste Stellung gebracht, der Schieber rückt in Folge dessen gleichfalls in seinen höchsten Stand und der dampferfüllte Raum unter dem Kolben communicirt nun mit dem Canale *d* und dem Ausblaserohre. Inzwischen ist aber der Dampfkolben *K* soweit gestiegen, dass er die Oeffnungen *rr* verschliesst, es kann also oberhalb desselben keine Luft mehr entweichen und es entsteht durch Zusammendrückung der im obern Theile eingeschlossenen Luft (beziehentlich Dampfes) ein elastisches Prellkissen. In seinem höchsten Stande stösst endlich der Kolben das im Cylinder-

deckel befindliche Ventil *v* auf, durch welches aus der Dampfleitung *a* frischer Dampf über den Kolben tritt, eine Zertrümmerung des Cylinderdeckels durch Ueberschreitung des normalen Hubes verhütend. Nun beginnt der Rückgang unter dem Einflusse des eigenen Gewichts, der Prellung und des momentanen Dampfdrucks mit beschleunigter Geschwindigkeit. Das Ventil *v* schliesst sich, die Oeffnungen *r r* werden frei und durch dieselben strömt aus dem Ausblaserohre *p* verbrauchter Dampf zu, den entstehenden luftverdünnten Raum füllend.

Die Schieberstange besitzt oberhalb des Angriffspunktes des Hebels *h* eine Verlängerung, welche mit einem Kolben *k* innerhalb eines kleinen Cylinders *c* endigt. Der Raum oberhalb dieses Kolbens lässt sich durch Oeffnung des Ventils $v_1$ mit der Dampfleitung in Verbindung setzen, und diese Oeffnung erfolgt selbstthätig durch den Kolben *k*, sobald der Schieber seinen höchsten Stand erreicht. Aus Fig. 333 ist ausserdem ersichtlich, wie der Raum unterhalb des kleinen Kolbens mit dem Canale *pq* in Verbindung steht, um bei der Bewegung des Kolbens eine Luftverdünnung und Zusammendrückung zu vermeiden.

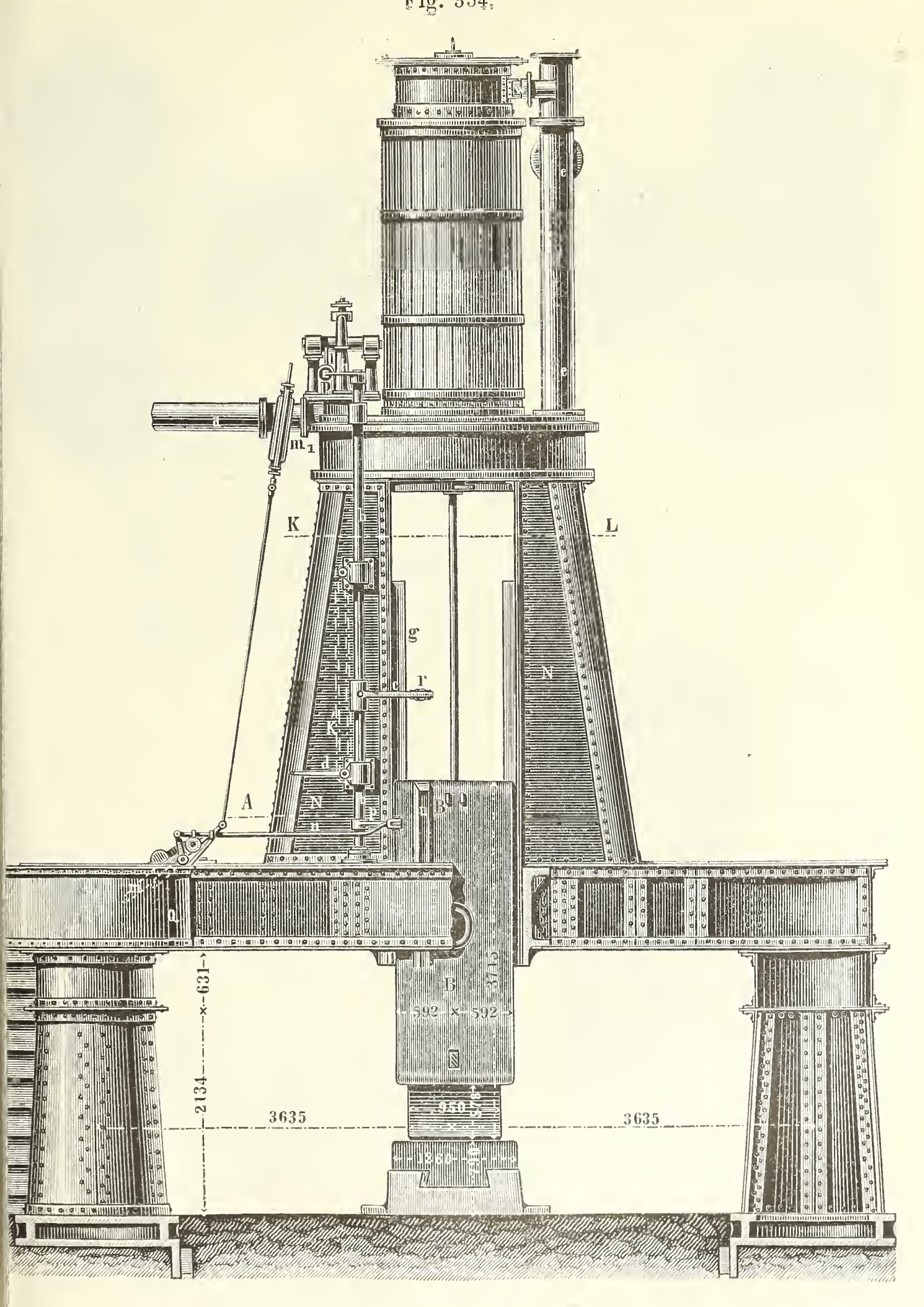
Damit nun nicht der durch das geöffnete Ventil $v_1$ eintretende Dampf den Schieber sofort in seinen tiefsten Stand zurückführt, wodurch ersichtlicher Weise frischer Dampf unter den Kolben geleitet und das Niederfallen verhindert werden würde, schnappt der Winkelhebel *w* in dem Augenblicke, wo der Schieber seinen höchsten Stand erreicht, unter die Klinke des Hebels *i*, dessen oberer Arm durch eine Feder nach rechts gedrückt wird, wodurch ein Zurückgehen des Schiebers unmöglich gemacht wird. Hält man den Hebel *i* geöffnet, so spielt der Hammer auf und nieder, ohne niederzufallen; öffnet man ihn, ehe der Schlag erfolgt ist, so tritt vorzeitig Dampf unter den Kolben und die Wirkung des Schlages wird abgeschwächt.

Eine selbstthätige Auslösung des Hebels *w* aus der ihn festhaltenden Klinke des Hebels *i* erfolgt durch Vermittelung der Schiene *z*, welche durch den Hebel *v* und die Zugstange *o* mit *i* verbunden ist, und des am Hammerbär befindlichen Prellhebels *y*. Das beschwerte Ende desselben wird durch eine Feder nach oben gedrückt; im Augenblicke des Aufschlagens aber dreht sich dieses Ende, dem Beharrungsvermögen folgend, abwärts, und das Ende desselben drückt in Folge dessen die Schiene *z* nach links. Es ist leicht einzusehen, wie diese Bewegung der Schiene sich auf die Klinke des Hebels *i* überträgt und somit *w* frei wird. Der Steuerungsschieber wird nach unten gedrückt und ein neuer Hub beginnt. *z* muss deshalb so lang sein, dass der Hebel *y* bei jeder Stärke des zu bearbeitenden Stücks sie erreichen kann.

Die Hubhöhe ist bei dieser selbstthätigen Steuerung stets gleich; bringt man jedoch an der Drehungsachse des Winkelhebels *w* einen Handhebel an, dessen Bewegung durch die Drehungsachse sich auf *w* überträgt, so ist man im Stande, in jedem Augenblicke Umsteuerung von Hand zu bewirken und dadurch die Hubhöhe beliebig abzukürzen.

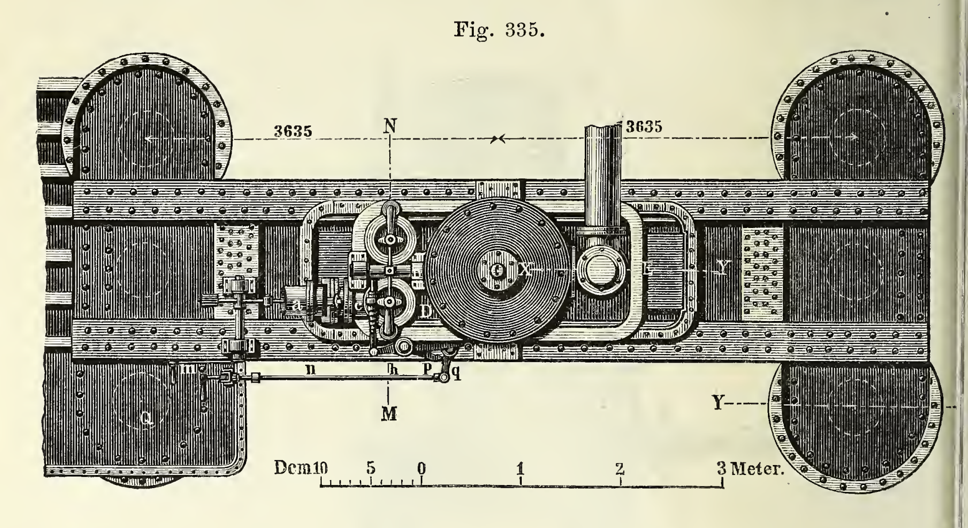
Die Figuren 334 bis 342 stellen einen Nasmyth'schen Dampfhammer des k. k. Eisenwerks in Neuberg mit einem Hammergewichte

Fig. 334.



von 17 500 Kilogramm, Hubhöhe 2,68 Meter und Ventilsteuerung von Hand dar[1]). Fig. 334 ist links Ansicht des Hammers von vorn, rechts

Fig. 335.




ein Verticalschnitt durch die Ständer nach der in Fig. 335 angedeuteten gebrochenen Linie $XY$ bis $YZ$; Fig. 335 ist Ansicht von oben (Grundriss); Fig. 336 Verticalschnitt durch das Einströmungsventilgehäuse und den Dampfcylinder nach der gebrochenen Linie $CD$ bis $DE$ (Fig. 335); Fig. 337 dient zur Erläuterung des Steuerungsmechanismus; Fig. 338 ist ein senkrechter Querschnitt durch beide Ventile nach der Linie $MN$ (Fig. 335 und 339); Fig. 339 eine Ansicht der Ventile von oben und ein Horizontalschnitt durch die Ständer nach Linie $KL$ (Fig. 334 und 340) mit Ansicht des Hammerbärs von oben; Fig. 340 ist ein senkrechter Querschnitt durch den Cylinder und das Gerüst; Fig. 341 ein Querschnitt durch das Fundament und die Chabotte und Fig. 342 ein Grundriss dieser Theile.

Fig. 336.

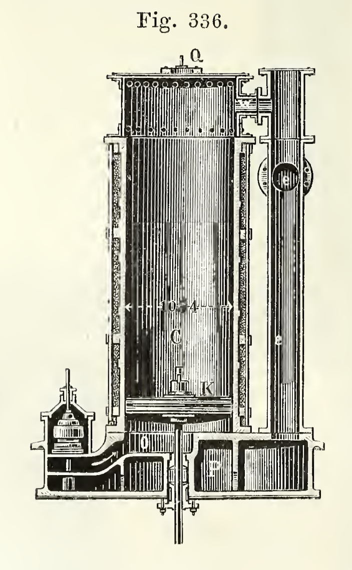
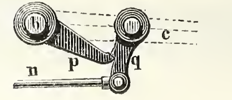



Fig. 337.




Die Figuren 334 bis 336, sowie Fig. 340 sind in $^1/_{80}$ der wirklichen Grösse, Fig. 337, 338 und 339 in $^1/_{40}$ der wirk-

[1]) Killer, Riedler und Seeberg, Dampfhämmer, Taf. 1, 2, 3. Graz 1870.

lichen Grösse, Fig. 341 und 342 in 1/90 der wirklichen Grösse gezeichnet.

Der Dampf gelangt durch das Rohr *a*, Fig. 334, in den Ventilkasten des Dampfcylinders, nachdem der Maschinenführer durch Empordrücken des Hebels *m* den Zulassschieber $m_1$ geöffnet hat (vergl. Fig. 334 und 335). Je nachdem diese Oeffnung vollständig oder nur theilweise stattfindet, tritt mehr oder weniger Dampf zu, und die Bewegung des Hammers ist eine raschere oder weniger rasche, nachdem die Ventile in Thätigkeit gesetzt sind. Die Einrichtung dieser Ventile ergiebt sich nun aus Fig. 338. Rechts ist das Einlass-, links das Auslassventil. Beides sind sogenannte Glockenventile aus Rothguss, ringförmig, durch vier Rippen mit einer Nabe verbunden, durch welche die durch einen Keil befestigte Ventilstange hindurchgeht. Letztere ist an ihrem obern Ende in einer Stopfbüchse geführt und mit einer Spiralfeder versehen, welche gegen einen auf dem Gehäuse befestigten Bügel drückt und dadurch das Ventil schliesst, so lange nicht Gegendruck statt-

Fig. 338.

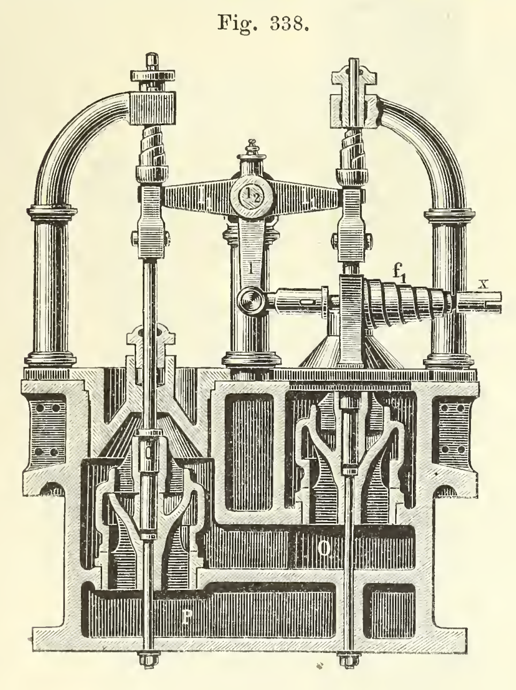
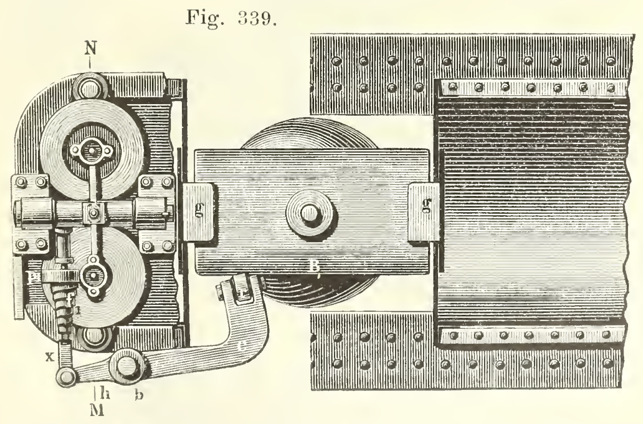
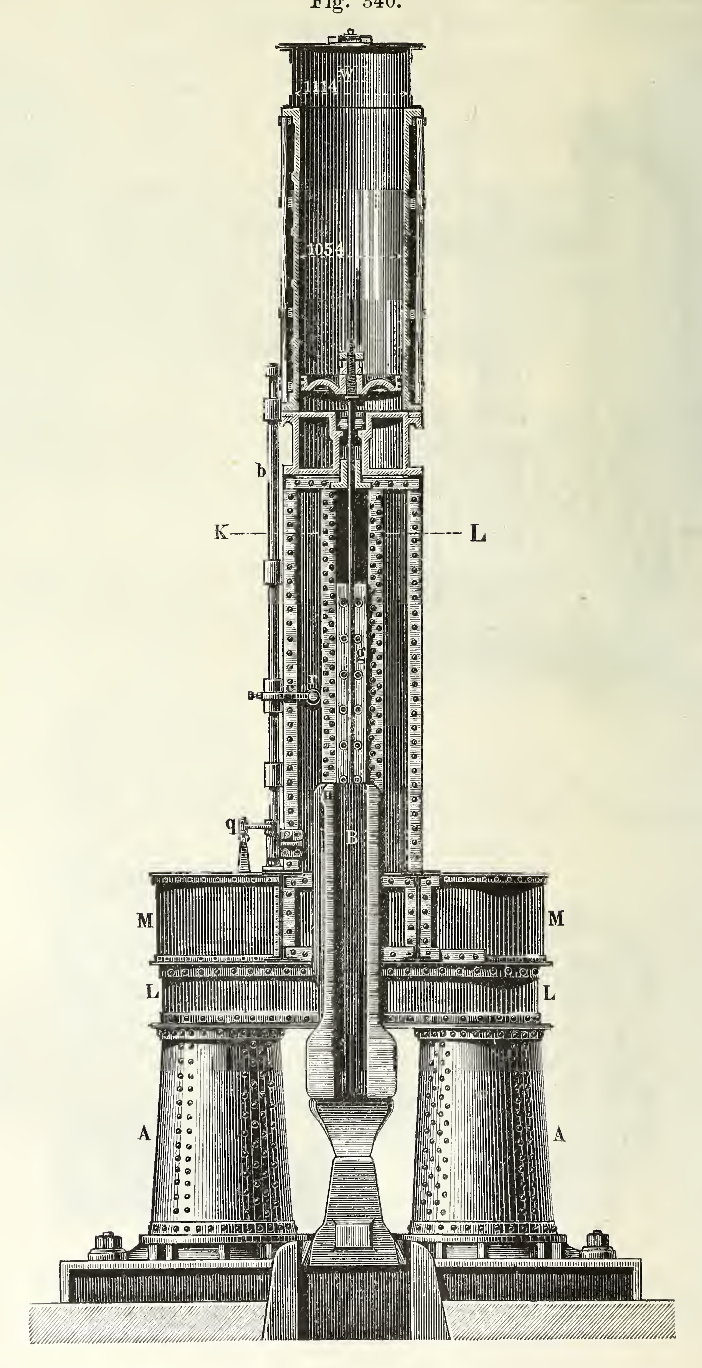



Fig. 339.



findet. Die gleichfalls ringförmigen Ventilsitze ruhen mit Flantschen auf der Wand des Gehäuses; vier Rippen verbinden den Ring mit der

Fig. 340.



tulpenförmigen Nabe, deren oberer Theil als Führung für die Ventilstange dient, während die untere Hälfte einen hindurchgesteckten Schraubenbolzen umschliesst, welcher die feste Stellung des Ventilsitzes im Gehäuse sichert. Damit beim Heben und Senken des Ventils die in der

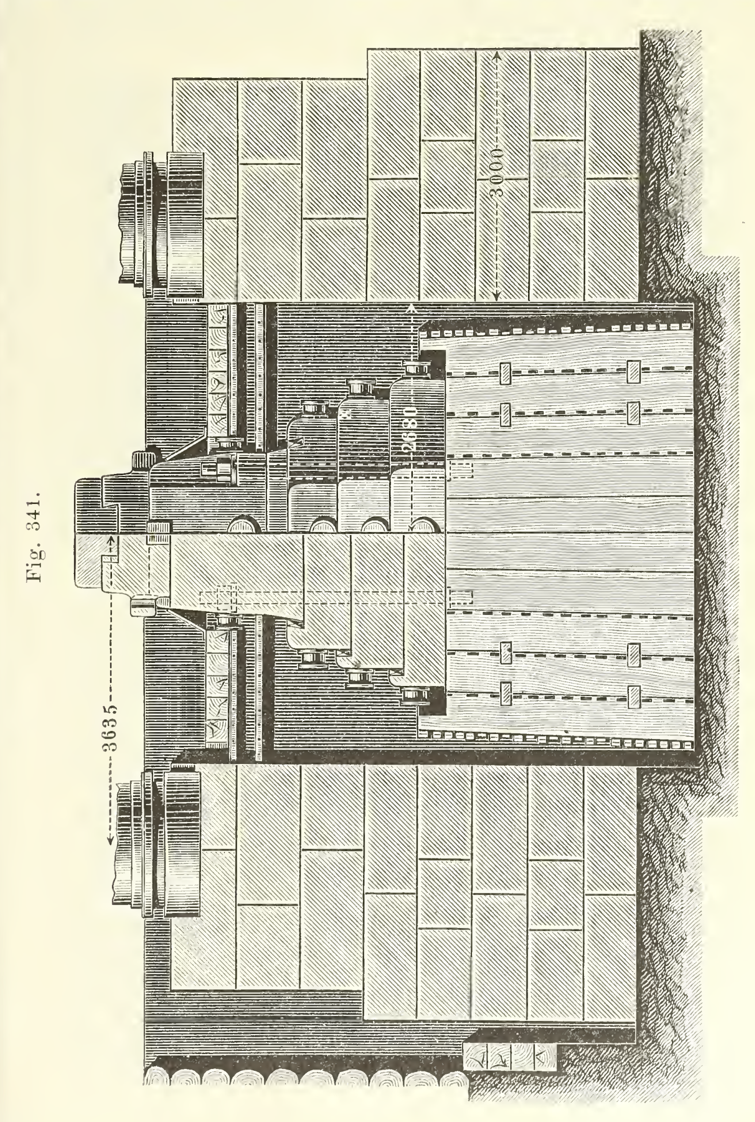



Fig. 341.

Nabenöffnung unterhalb der Ventilstange eingeschlossene Luft weder verdünnt noch zusammengepresst werde, steht dieser Raum durch einen Canal mit dem Raume oberhalb des Ventilsitzes in Verbindung.

In entsprechende Schlitze der Ventilstangen greifen die beiden an einer horizontalen Welle $l_2$ befindlichen Hebelarme $l_1$ ein. In der ge-

zeichneten mittlern Stellung sind beide Ventile geschlossen; unterhalb der Hebel muss in dem Schlitze hinreichender Spielraum vorhanden sein, dass, während der eine Arm emporgeht und das Ventil hebt, der andere sich frei nach unten bewegen kann, ohne durch die Stange behindert zu werden. Befindet sich in der Ventilstange eines der Ventile auch ober-

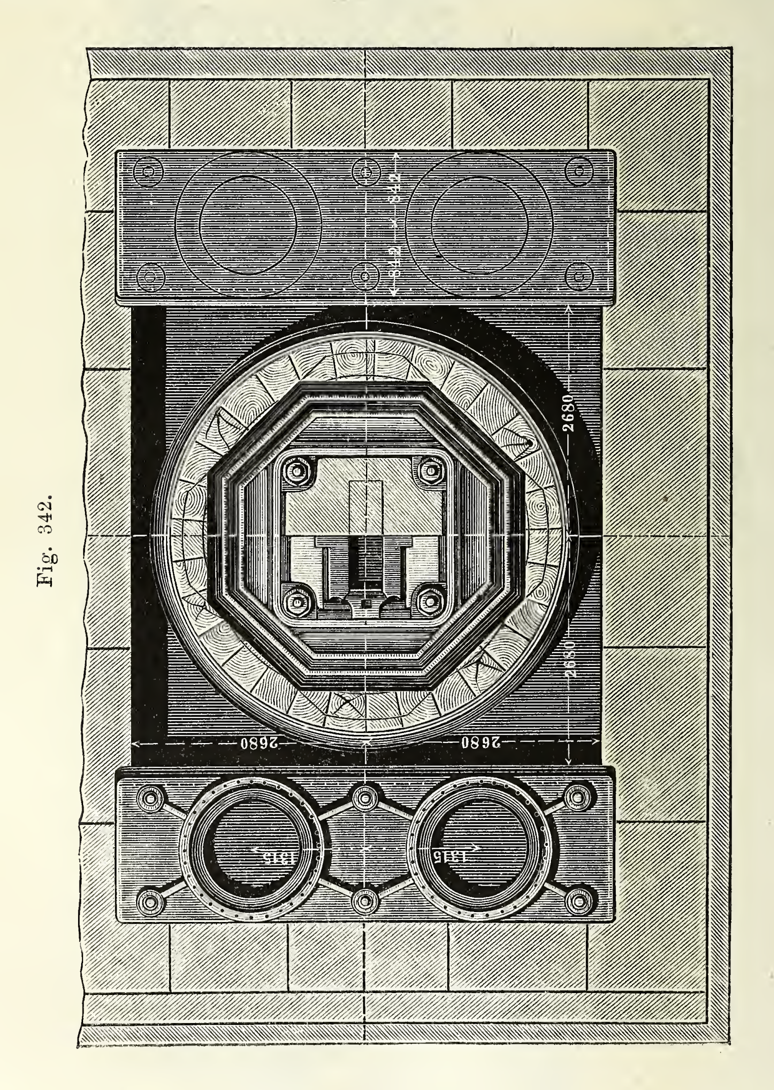



Fig. 342.

halb des Hebels ein Spielraum, so wird das Einlassventil geschlossen, bevor das Auslassventil geöffnet wird, und der Dampf wirkt inzwischen durch Expansion.

In den Raum oberhalb des Einlassventils mündet das Dampfzuleitungsrohr, der Raum unterhalb desselben communicirt durch den Canal *O*

mit dem Dampfcylinder (vergl. Fig. 336), der Raum unterhalb des Ausströmungsventils steht durch einen in dem Holme des Gerüsts befindlichen Canal *P* (Fig. 336 und 338) mit dem Ausblaserohre *e* in Verbindung.

An der Welle, welche die beiden Hebelarme $l_1 l_1$ trägt, befindet sich der senkrechte Hebel *l*, welcher durch ein Gelenk mit der horizontalen Zugstange *x* verbunden ist. Ueber die letztere ist eine Spiralfeder $f_1$ geschoben, deren stärkeres Ende an einer feststehenden Platte $p_1$ befestigt ist (Fig. 334, 338, 339), während das schwächere Ende gegen einen ringförmigen Ansatz der Zugstange *x* drückt. Dadurch erhält diese das Bestreben, das Einlassventil zu öffnen, das Auslassventil zu schliessen, also den Hammer zum Steigen zu bringen, wenn nicht diesem Bestreben entgegen gewirkt wird. Die Zugstange *x* ist nun an ihrem zweiten Ende mit dem einarmigen Hebel *h* verbunden, der auf dem obern Ende der langen senkrechten, am linken Hammerständer befestigten Welle *b* durch Nuth und Feder festgehalten wird (vergl. Fig. 334, 335 und 339) und mithin seine Drehung auf diese überträgt. An dem untern Theile derselben Welle ist der einarmige Hebel *p* befestigt (Fig. 334, 335 und 337). In der Stellung wie in Fig. 337 ist derselbe durch den Hebel *q*, dessen Drehungspunkt am Hammergerüste befestigt ist, eingeklinkt, in seiner Stellung festgehalten, und verhindert somit auch die Drehung der senkrechten Welle *b*, des obern Hebels *h* und dadurch das Oeffnen des Einlassventils. Schiebt man nun aber den Klinkhebel *q* nach rechts, wozu die Zugstange *n* mit dem Hebel $n_1$ benutzt wird (vergl. Fig. 334 und 335), so wird der Hebel *p* frei und gelangt in die Stellung wie in Figur 335, die Welle dreht sich, das Einlassventil wird geöffnet, der Hub beginnt. Zur selbstthätigen Beendigung des Hubes befindet sich an dem Hammerbär *B*, welcher in den Führungen *gg* gleitet (Fig. 334 und 339), eine Nase *u* angegossen; an der mehrfach erwähnten senkrechten Welle *b* ist, ungefähr in $1/3$ ihrer Höhe, der Hebelarm *c* mit dem Röllchen *r* am Ende befestigt, welches von der aufsteigenden Nase des Bärs verschoben wird. Es erfolgt eine Drehung der Welle von rechts nach links; der Hebel *p* wird wieder in seine frühere Stellung zurückgeführt und kann durch Anziehen der Stange *n* in *q* eingeklinkt werden; das Einlassventil ist wieder geschlossen, die Hebelarme $l_1 l_1$ (Fig. 338) gehen durch die mittlere Stellung in die entgegengesetzte über, das Auslassventil öffnet sich. Je weiter der Dampfschieber $m_1$ geöffnet war, je mehr Dampf also in der Zeiteinheit unter den Kolben gelangte, und je rascher der letztere demnach stieg, desto grösser ist die in ihm angehäufte lebendige Kraft und desto höher wird er mithin noch steigen, nachdem Umsteuerung stattgefunden hat, desto grösser wird also auch die Wirkung des Schlages sein.

Der Raum oberhalb des Kolbens steht durch den Rohrstutzen *w* mit dem Ausblaserohre in Verbindung. Zur Verhütung von Unglücksfällen, wenn der Kolben zu hoch emporsteigen sollte, ist der Cylinder

am obern Ende statt durch einen gewöhnlichen Deckel durch eine Haube aus Eisenblech geschlossen, deren Durchmesser im Lichten etwas grösser ist, als der Durchmesser des Dampfcylinders. Steigt der Kolben also bis in diese Haube empor, so findet sofort Ausgleichung des Dampfdrucks unter und über dem Kolben statt.

Hält man nun, nachdem das Einlassventil geschlossen, das Auslassventil geöffnet ist, die Steuerungshebel in der Stellung Fig. 337 fest, so erfolgen Schläge mit voller Wucht, und der Bär verharrt so lange in seiner tiefsten Stellung, bis Ausklinkung des Hebels $p$ erfolgt; bewirkt man die Ausklinkung früher als der Schlag beendet ist, so schliesst sich das Auslassventil, es tritt frischer Dampf unter den Kolben, der Schlag wird verhindert oder abgeschwächt, je nachdem der Zulassschieber $m_1$ mehr oder minder weit geöffnet war und die Ausklinkung früher oder später bewirkt wurde. Gewöhnlich versieht man die Zugstange $n$ mit einer Feder, welche sie nach links oder rechts zu verschieben strebt, ihr also entweder das Bestreben giebt, Einklinkung (für starke Schläge) oder Ausklinkung (für schwache Schläge) hervorzubringen, und der Maschinenwärter hat dann nur nöthig, die entgegengesetzte Bewegung auszuführen.

Eine Regulirung der Hubhöhe lässt sich bewirken, indem man den Arm $c$ höher oder niedriger stellt. Zu diesem Ende ist derselbe mit seiner Hülse nur durch eine Schraube an der Welle $b$ befestigt, ausserdem aber mit einer Kette ohne Ende $K$ verbunden, durch deren Bewegung die Verstellung stattfindet. Ein durch einen Hebel $d$ bewegtes Kettenrädchen, mit Sperrklinke versehen, dient zur Bewegung der Kette.

Die gegebenen Abbildungen können zugleich als ein Beispiel für die Construction eines grossen Hammergerüstes aus Schmiedeeisen dienen. Die oberen hohlen Ständer $NN$, an denen die Führungen für den Bär befindlich sind, werden durch das breite, aus genieteten Doppel-T-Trägern gebildete Längsstück $M$ (Fig. 340) getragen, in dessen Mitte die Oeffnung zum Hindurchlassen des Bärs ausgespart ist. Diese Längsbalken ruhen auf zwei Querstücken $LL$, welche wieder von den vier hohlen Ständern $AA$ getragen werden. Die von einer Blechwand umschlossene Plattform $Q$ dient für den Aufenthalt des Maschinenwärters und ist durch eine eiserne Treppe von unten her zugänglich.

Die Figuren 341 und 342 werden nach dem schon über die Fundamentirung von Dampfhämmern im Allgemeinen Gesagten kaum einer Erläuterung bedürfen. Es sei nur erwähnt, dass je zwei schmiedeeiserne Säulen des Gerüsts auf einer gemeinschaftlichen Sohlplatte befestigt sind, und dass die 170 000 Kilogramm schwere Schabotte aus vier Stücken gegossen und in der aus Fig. 341 ersichtlichen Art und Weise zusammengesetzt ist.

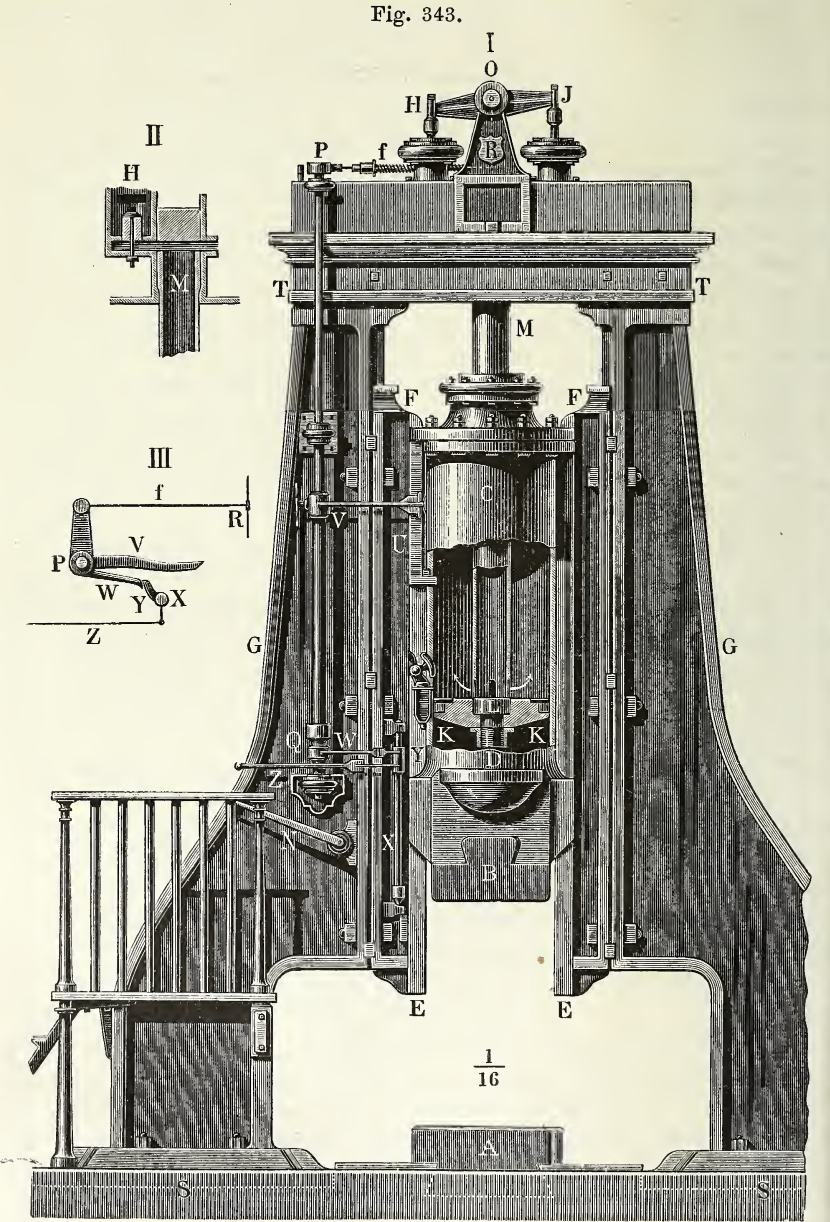
Condie's Dampfhammer. Derselbe wurde im Jahre 1846 dem Mechaniker Condie in Glasgow patentirt. Die Kolbenstange dieses Hammers ist unbeweglich und hohl; der Kolben sitzt fest auf der Kolben-

stange; der Cylinder ist beweglich und dient als Hammerbär, indem durch das Steigen und Fallen desselben die Schläge erfolgen; der Hub des Cylinders wird bewirkt, indem Dampf durch die hohle Kolbenstange über den Kolben zugeleitet wird, das Niederfallen erfolgt durch Unterbrechung der Dampfzuleitung und durch Ausströmen des zwischen Kolben und Cylinderdeckel befindlichen Dampfes.

Die Figuren 343 I, II und III stellen einen solchen Condie'schen Dampfhammer mit Ventilsteuerung von Hand beim Beginne des Steigens und selbstthätig zur Begrenzung des Hubes dar. *C* ist der Dampfcylinder, zwischen den Führungen *FF* gleitend und an der untern Seite die Hammerbahn *B* tragend; *M* ist die hohle Kolbenstange, oben mit dem gusseisernen Gerüste auf die in Fig. 343 I und II ersichtliche Art und Weise, unten mit dem Kolben *KK* (Fig. 343 I) durch Schraube und Mutter verbunden. Der Form des Kolbens entsprechend hat der Cylinderboden bei *D* eine kesselartige Vertiefung, in welche beim Aufsteigen des Cylinders der Kolben hineinpasst. Unmittelbar über den Kolben ist die Kolbenstange mehrfach geschlitzt, um den Dampf in den geschlossenen Raum einzuführen, wodurch der Cylinder gehoben wird. Der Raum unterhalb des Kolbens steht mit der äussern Luft durch Oeffnungen in Verbindung, welche in der Abbildung nicht ersichtlich sind. Die Steuerung ist derjenigen des oben beschriebenen Nasmyth-Hammers ganz ähnlich. Der Hebel *N* dient zunächst zum Oeffnen eines Schiebers oder Hahns in der Dampfleitung vom Kessel nach dem Hammer. *H* und *J* sind die Stangen der Glockenventile für Ein- und Auslass des Dampfes, durch zwei an der horizontalen Welle *O* befindliche Hebelarme in entgegengesetztem Sinne bewegt. Die Drehung der Welle *O* erfolgt durch einen dritten (punktirt gezeichneten) Hebelarm *R*, dessen Ende mit der Zugstange *f* und durch diese mit dem Hebel *P* (vergl. Figur 343 III) an dem obern Ende der senkrechten Steuerungswelle *PQ* verbunden ist. Eine über *f* übergeschobene Spiralfeder giebt diesem Mechanismus das Bestreben einer Bewegung nach links, wodurch das Einlassventil *H* geöffnet, das Auslassventil *J* geschlossen wird. Zur selbstthätigen Umsteuerung befindet sich am Cylinder die Nase *U*, an der Steuerungswelle der verstellbare Arm *V*, welcher beim Aufsteigen des Cylinders von ersterer ergriffen wird und dabei die Welle in solcher Richtung dreht, dass das Ventil *H* geschlossen, *J* geöffnet wird. Damit nicht durch die Feder *f* vorzeitige abermalige Umsteuerung bewirkt und dadurch das Niederfallen verhindert werde, ist an dem untern Theile der Welle *PQ* eine Einklinkung angebracht, welche in Fig. 343 III im Grundrisse abgebildet ist. *Y* ist hier ein Sperrhaken an einer stehenden Welle *X*, welcher hinter die Sperrklinke *W* fasst und das Zurückgehen derselben und somit auch des ganzen Steuerungsmechanismus so lange hindert, bis er vermittelst der Zugstange *Z* ausgelöst wird. Wird diese Auslösung bewirkt, bevor der Cylinder niedergefallen ist, so erfolgt ein schwacher Schlag oder eine völlige Unterbrechung des Schlages; geschieht

sie erst nach beendigtem Niederfallen, so bleibt während desselben das Auslassventil geöffnet, das Einlassventil geschlossen, und es erfolgt ein

Fig. 343.




starker Schlag. Stellt man endlich den Arm *V* höher, so wird die Hubhöhe grösser, stellt man ihn niedriger, so wird sie geringer.

Die Condie-Hämmer verdankten dem Bestreben ihr Entstehen, die

unvermeidlichen Stösse, welche bei den Nasmyth-Hämmern auf Kolben und Kolbenstange ausgeübt werden und diese verhältnissmässig schwachen Theile der Gefahr der Beschädigung aussetzen, durch Festlegung derselben unwirksam zu machen. Sie gewähren ausserdem den geringen Vortheil, dass von der Totalhöhe der Maschine die Höhe des Dampfcylinders erspart wird. Statt der verminderten Gefahr des Bruches der Kolbenstange tritt aber die Gefahr für den Bruch des Cylinders auf, welcher einen kostspieligeren und schwerer zu ersetzenden Theil der Construction als jene bildet, und man hat demnach ein geringeres Uebel durch ein grösseres verdrängt. In diesem Umstande ist wohl hauptsächlich die Thatsache begründet, dass das Condie'sche Hammersystem, welches anfänglich mit einem lebhaften Beifalle begrüsst wurde, den es zum Theile jedenfalls der Originalität des Gedankens, zum andern Theile auch der damals geringern Anzahl guter Hammerconstructionen verdankte, mehr und mehr vom Schauplatze abtritt und bei neuen Anlagen schwerlich noch Benutzung finden dürfte.

Morrison's Dampfhammer. Derselbe stammt aus dem Jahre 1854. Er ist charakterisirt durch eine dicke Kolbenstange, welche oberhalb des Kolbens fortgesetzt ist und im Boden wie im Deckel des Dampfcylinders in Stopfbüchsen geführt wird. Das Totalgewicht des beweglichen Theils vertheilt sich also zum grossen Theile auf die Kolbenstange. Die obere Kolbenstange ist bei älteren Hämmern dieser Art mit einem Gleitstücke versehen, welches in senkrechten oberhalb des Cylinders befindlichen Schienen geführt ist; bei neueren Morrison-Hämmern lässt man diese Führung weg und die Kolbenstange wird nur in den zwei Stopfbüchsen geführt.

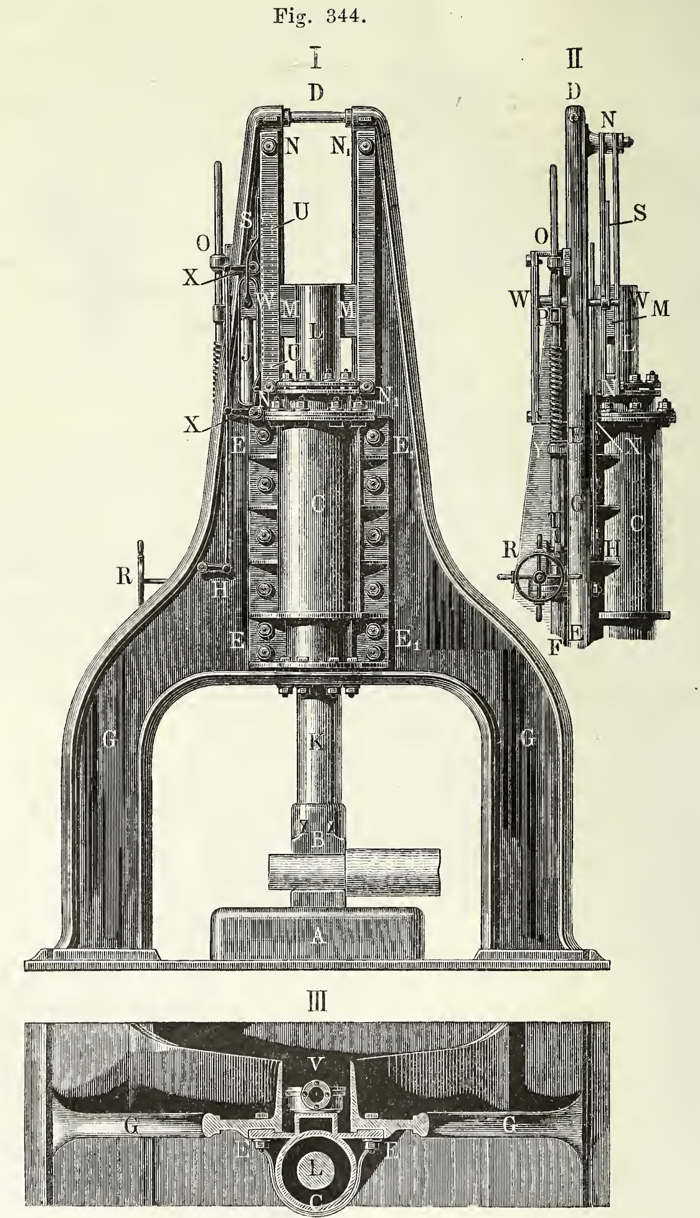
Diese Anordnung macht eine Führung des eigentlichen in Rücksicht auf die schwere Kolbenstange ohnehin leichteren Hammerbärs entbehrlich; der Cylinder kann deshalb mit angegossenen Platten zwischen den beiden Ständern statt auf denselben befestigt werden, wodurch das Gerüst einfacher, niedriger und sehr solide wird; der Raum um den Ambos herum wird aber, da die Führungen wegfallen und man den Ständern in Folge dessen eine grössere Ausladung geben kann, freier, was jedenfalls von Vortheil ist. Die äussere Steuerung ist bei älteren Hämmern selbstthätig, bei neueren vielfach von Hand. Als Prellung dient, wie bei den Nasmyth-Hämmern, gewöhnlich Luft oder Dampf, welcher aus dem Ausblaserohre über den Kolben tritt, sobald dieser niedergeht.

Als charakteristisches Merkmal aller Morrison-Hämmer ist demnach die dicke, an beiden Seiten des Kolbens befindliche und an zwei Enden in Stopfbüchsen geführte Kolbenstange zu betrachten.

In den Figuren 344 I, II und III ist ein älterer Morrison'scher Dampfhammer mit selbstthätiger Steuerung abgebildet. Die Theile der innern Steuerung liegen in dem Gehäuse *b* (Fig. 344 III), die Ventil- oder Schieberstange steht in Verbindung mit der Stange *OF*, welcher durch eine Feder das Bestreben ertheilt ist, sich zu heben, dabei den

Dampfeinlass zu öffnen und den Auslass zu schliessen. Die Stange wird niedergedrückt und die Dampfzuströmung abgesperrt, wenn der Arm *S*

Fig. 344.




von dem Querhaupte *M* nach links hinübergedrückt wird, dadurch die horizontale Welle *W W* (Fig. 344 II) dreht und den auf derselben Welle befindlichen Hebel *P*, welcher in einen Schlitz der Stange greift,

bewegt. Eine Einklinkung, deren Einrichtung aus der Abbildung nicht deutlich erkennbar ist, hält die Steuerung in dieser Stellung fest, bei welcher der Auslass geöffnet ist, bis der Schlag erfolgt ist. In diesem Augenblicke wirkt ein Prellhebel an dem Querhaupte $M$ in ähnlicher Weise, wie es oben bei dem Nasmyth'schen Hammer mit selbstthätiger Steuerung (Fig. 332 auf Seite 424) beschrieben wurde, auf die in Figur 344 I punktirt gezeichnete Schiene $UU$, welche ihrerseits durch die Hebel $XX$ die erhaltene Bewegung auf die Stange $XH$ überträgt, dadurch Auslösung der Klinke und Umsteuerung bewirkend.

Das Rädchen $R$ dient vermittelst eines in der Abbildung nicht angegebenen Mechanismus zum Höher- und Niedrigerstellen der Welle $W$ und gleichzeitiger Verlängerung oder Verkürzung der aus zwei Theilen bestehenden Stange $FO$, wodurch der Hub also vergrössert oder verkleinert werden kann [1]).

Die bisher besprochenen Dampfhämmer waren einfach wirkend, d. h. ihre Hauptwirkung wurde durch den freien Fall hervorgerufen und Oberdampf, wenn überhaupt solcher zur Anwendung gelangte, diente nur zur Verstärkung der Prellung. In Folgendem sollen einige Hammersysteme mit Oberdampf zur Verstärkung des Schlages besprochen werden.

Daelen's Dampfhammer. Derselbe wurde im Jahre 1852 durch den Ingenieur Daelen in Hörde construirt und fand seitdem unter Beibehaltung des ursprünglichen Princips, aber mannigfachen Abweichungen in den Einzelheiten, ziemlich vielseitige Nachahmung.

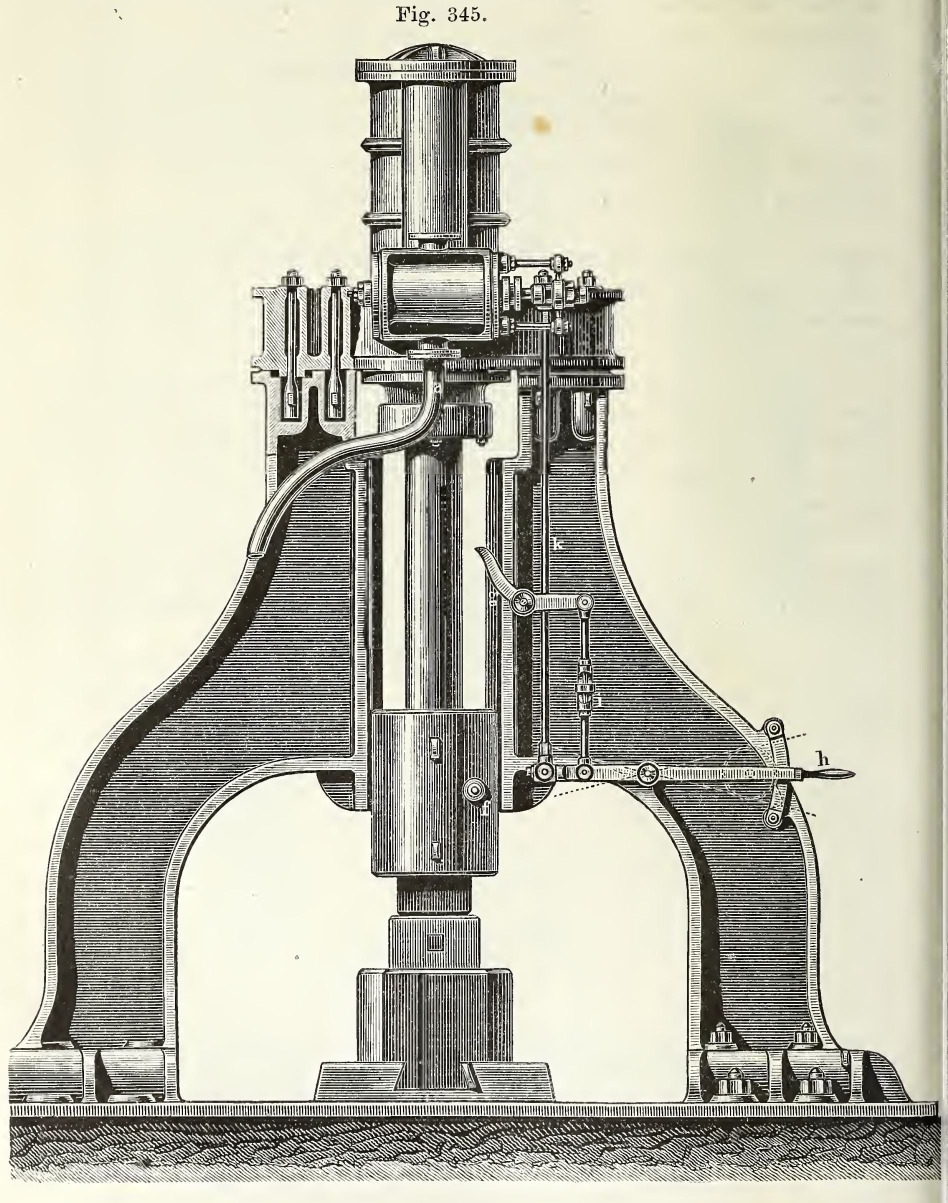
Die nur am untern Theile des Kolbens befindliche Kolbenstange ist sehr dick und häufig mit Kolben und Bär in einem Stücke gefertigt. Der Querschnitt der Kolbenstange nimmt des grossen Durchmessers halber einen verhältnissmässig grossen Theil des gesammten Cylinderquerschnitts ein und um eben so viel ist deshalb der freie Cylinderquerschnitt oberhalb des Kolbens, wo die Kolbenstange fehlt, grösser als der freie Querschnitt unterhalb desselben. Der Anhub erfolgt, indem frischer Dampf unter den Kolben tritt und der oberhalb des Kolbens befindliche verbrauchte Dampf ins Freie entweicht. Bei einer gewissen Höhe des Kolbens hört die Aus- und Einströmung auf, und der mit gepresstem Dampfe erfüllte Raum unterhalb des Kolbens tritt durch einen Canal mit dem Raume oberhalb desselben in Verbindung. Der Dampf ist demnach bis zur Beendigung des Fallens im Cylinder eingeschlossen, während die beiden Hälften des Cylinders in

---

[1]) Schöne Abbildungen Morrison'scher Dampfhämmer neuerer Construction finden sich in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1865, Taf. XXI, Text S. 622; ein von der Sächsischen Maschinenfabrik in Chemnitz (vormals Hartmann) gebauter Dampfhammer mit Morrison'scher Kolbenstange, von dem eigentlichen Morrison-Hammer aber durch die Anwendung von Oberdampf abweichend, ist abgebildet und beschrieben in Uhland's praktischem Maschinenconstructeur, Jahrgang 1872, Taf. 29 und 30, Text S. 113.

Verbindung stehen. Die Dampfspannung gleicht sich also aus, wächst aber noch, so lange der Kolben steigt, in Folge der Verengung des Vo-

Fig. 345.




lumens durch die eintretende Kolbenstange, der Totaldruck auf den Kolben von oben verhält sich aber zu dem Totaldrucke von unten wie die

freien Cylinderquerschnitte oben und unten. Es erfolgt mithin in Folge dieses grössern Drucks von oben in Vereinigung mit dem Hammergewichte Hubbegrenzung und beschleunigter Niedergang. Während des Niedergangs

Fig. 346.

Fig. 347.

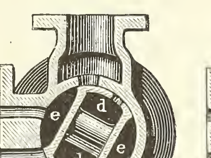
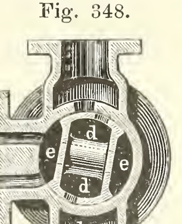



Fig. 348.




aber vergrössert sich in Folge des Austretens der Kolbenstange das freie Cylindervolumen und der Dampf expandirt.

Für die eigenthümliche Dampfvertheilung der Daelen'schen Hämmer eignet sich vorzugsweise Hahn- oder Schiebersteuerung.

Die Figuren 345 bis 348 zeigen in $^1/_{30}$ der wirklichen Grösse (Fig. 347 u. 348 in $^1/_{15}$) einen Daelen'schen Dampfhammer von 1250 Kilogramm Gewicht, 950 Mm. Hub mit Wilson'schem entlasteten Hahn und Handsteuerung bei selbstthätiger Hubbegrenzung. Der Canal *b* des Hahngehäuses (Figuren 346, 347 und 348) verbindet die beiden Enden desselben und steht dort mit dem innern Raume *dd* des Hahns in Verbindung, so dass letzterer stets mit gespanntem Dampfe erfüllt ist; dieser innere Raum enthält einen hohlen querdurchlaufenden Steg, welcher die beiden äusseren Räume *ee* des Gehäuses in Verbindung setzt, so dass zwischen denselben stets Ausgleichung des Dampfes stattfindet und ein einseitiger Druck vermieden wird.

In der Stellung des Hahns, Fig. 346, gelangt der durch das Zuleitungsrohr *a* kommende Dampf, nachdem er durch den Canal *b* in das Innere *d* des Hahns getreten ist, unter den Kolben, der über dem Kolben befindliche Dampf kann entweichen, der Kolben steigt. Beim Aufsteigen trifft die am Bär befestigte Rolle *f* den Arm des Hebels *g*, drückt diesen empor und bewirkt durch Vermittelung der Stange *i*, des Hebels *h* und der Zugstange *k* Drehung des Hahns. Zuerst gelangt derselbe in die Stellung Fig. 347; Ein- und Ausgang sind abgesperrt, der Hammer steigt noch vermöge seiner lebendigen Kraft und der Expansion des Unterdampfes und comprimirt dabei den oberhalb des Kolbens eingeschlossenen Dampf. Beim weitern Aufsteigen gelangt der Hahn in die Stellung Fig. 348; beide Hälften des Dampfcylinders sind nun verbunden, während Ein- und Ausgang noch abgesperrt ist; der Unterdampf strömt nach oben und bewirkt dort in der oben geschilderten Weise Hubbegrenzung und beschleunigten Niedergang. Indem der Maschinenwärter den Handhebel *h* nach unten drückt, erfolgt erneueter Hub, und durch vorzeitiges Umsteuern von Hand wird die Stärke der Schläge geschwächt.

Die Stange *i* besteht aus zwei Theilen, welche durch eine Doppelmutter mit Rechts- und Linksgewinde verbunden sind, so dass durch Drehung der letztern eine Verkürzung und Verlängerung der Stange und dadurch Regulirung der Hubhöhe bewirkt werden kann.

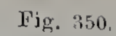
Aus Fig. 346 ist zugleich die Verbindung der Kolbenstange mit dem Bär und der Ständer mit der Fundamentplatte ersichtlich.

Die Hämmer nach Daelen's System haben den Vortheil, dass auch bei Handsteuerung der ganze aufgewendete Dampf mit Expansion wirkt, wodurch der Dampfverbrauch sich verringert, und dass die einzelnen Constructionstheile, insbesondere auch die Kolbenstange, recht stabil sind; ein Nachtheil liegt nach Hauer in der Schwierigkeit, die Stopfbüchse der dicken Kolbenstange dicht zu erhalten, was übrigens bei anderen Hämmern mit dicker Kolbenstange in gleichem Maasse der Fall sein wird

Naylor's Dampfhammer, vom Ingenieur Naylor in Norwich im Jahre 1857 construirt. Der Hub erfolgt wie beim Nasmyth-Hammer durch frisch zuströmenden Unterdampf; nach beendigtem Hube entweicht derselbe und der Niedergang wird beschleunigt, die Schlagwirkung verstärkt, indem frischer Oberdampf eintritt und während der ganzen Periode des Niederfallens thätig bleibt.

Dieses Princip, die Wirkung frisch zugeleiteten Oberdampfs mit der Wirkung des frei fallenden Hammergewichts zu vereinigen, findet sich seit der Erfindung des Naylor-Hammers bei zahlreichen Hammerconstructionen vertreten; da indessen Naylor zuerst mit der Anwendung desselben hervortrat, so erscheint es berechtigt, wenn man alle jene Hammerconstructionen, deren Wirkung in gleicher Weise hervorgerufen wird, diesem Systeme einreiht, wenn auch in den Einzelheiten der Ausführung, insbesondere auch in der Art und Weise der Steuerung keine Uebereinstimmung mit dem ursprünglichen Naylor-Hammer stattfindet.

Fig. 349.



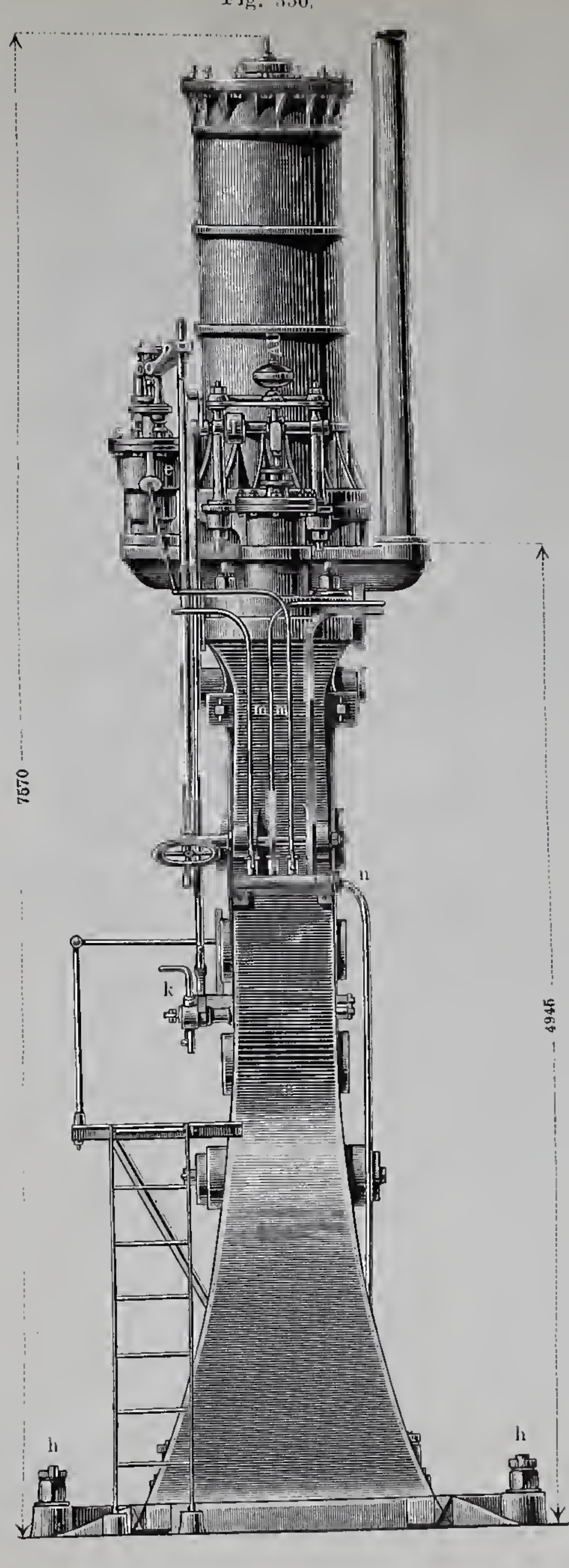



Fig. 350.

Der von Naylor erbaute Hammer besass eine eigenthümliche Selbststeuerung und eine mässig dicke Kolbenstange[1]). Wie schon oben erwähnt wurde, ist man in der Neuzeit von der Anwendung der Selbststeuerung bei grossen Hämmern mehr und mehr abgegangen und hat dieselbe auf selbstthätige Hubbegrenzung beschränkt, während bei kleineren Hämmern mit Oberdampf die mannigfachsten anderen Selbststeuerungen ins Leben getreten sind, so dass die Naylor'sche Steuerung in ihrer ursprünglichen Form nicht gerade häufig mehr in Anwendung ist.

In Folge der Anwendung frischen Oberdampfs fällt bei diesen Hämmern für eine gegebene Schlagwirkung die Hubhöhe geringer und die Anzahl der Schläge in gleichen Zeiträumen grösser aus, als bei den einfach wirkenden Hämmern. Hierin liegt wohl der Hauptvortheil dieses Systems, welcher demselben eine grosse Verbreitung verschafft hat; denn die grössere Hubzahl befördert nicht allein direct die Arbeit der Formveränderung, sondern begünstigt auch, sofern das Metall im erhitzten Zustande verarbeitet werden muss, in Folge jenes raschern Vorschreitens der Arbeit die Ausnutzung des zur Erhitzung verbrauchten Brennstoffs und verringert mit der Anzahl der erforderlichen Erhitzungen den dabei unvermeidlichen Abbrand. Hieraus folgt, dass die doppelt wirkenden Naylor'schen und ähnlichen Hämmer für die Formveränderung der Metalle im Allgemeinen geeigneter sind, als die einfach wirkenden Nasmyth-Hämmer; es wurde aber schon früher erwähnt, dass, sofern es sich um Verdichtung schwerer Metallkörper handelt, die durch Oberdampf und leichteres Fallgewicht erzielte Wirkung nicht im Stande sei, ein schweres Fallgewicht zu ersetzen, und für letztere Fälle bleiben deshalb die Nasmyth-Hämmer oder doch solche doppeltwirkenden Hämmer unentbehrlich, bei denen der Oberdampf höchstens zur Verstärkung der durch ein grosses Fallgewicht hervorgebrachten Leistung benutzt wird.

Der Totaleffect der Hämmer mit frischem Ober- und Unterdampf wird sich um so mehr auf die Wirkung des Oberdampfs concentriren, je dicker die Kolbenstange, je grösser also das Verhältniss der obern freien Kolbenfläche zur untern ist. Für eine gegebene theoretische Leistung wird also mit Zunahme des Kolbenstangendurchmessers Gewicht und Hubhöhe immer mehr sich verringern, die Hubzahl sich vermehren können, und es werden dann jene Hämmer in solcher Weise zu eigentlichen Schnellhämmern, von denen unten noch eingehender die Rede sein wird.

Man findet für die innere Steuerung der modernen Hämmer nach diesem Systeme sämmtliche Steuerungsarten vertreten; für Hämmer mit

---

[1]) Eine Abbildung des Hammers findet sich in den Proceedings of the Birmingham Institution of Mechanical Engineers Jahrgang 1857, S. 233; eine recht gute Skizze in den Mittheilungen des Hannoverschen Gewerbevereins Jahrgang 1863, S. 238. Hämmer nach Naylor's Patent liefert jetzt noch die Firma Kirkstall Forge Co. in Leeds (Yorkshire).

schwerem Fallgewichte vorwiegend Ventile; für kleinere Schieber und Hähne. Bei schweren Hämmern ist mehrfach die Einrichtung vorhanden, dass man nach Belieben mit und ohne Oberdampf arbeiten kann, indem man für den letztern Fall den Eintrittscanal für den Oberdampf abgesperrt, den Austrittscanal geöffnet erhält. Sie wirken dann gerade so wie Nasmyth-Hämmer.

Einen Hammer der letztern Art von 5000 Kilogramm Fallgewicht, 1800 Mm. Hubhöhe mit abstellbarem Oberdampfe und Ventilsteuerung von Hand, aber selbstthätiger Begrenzung des grössten zulässigen Hubes, aus der Fabrik von G. Brinkmann u. Co. in Witten a. d. Ruhr, zeigen die Figuren 349 und 350.

Die Ständer dieses Hammers sind aus Gusseisen, ruhen auf gusseisernen Fussplatten und sind zwischen den Knaggen derselben — wie aus Fig. 349 zu ersehen — festgekeilt. Jeder Ständer ist durch vier starke Fundamentanker *gg*, welche durch die Fussplatten hindurchgehen, und jede Fussplatte ausserdem noch durch zwei dergleichen Anker *hh* befestigt; die Fussplatten sind ausserdem unter einander durch horizontale, unterhalb der Flurlinie liegende, schwere schmiedeeiserne Anker derartig mit einander verbunden, dass sie sich weder einander nähern, noch von einander entfernen können. Endlich wird eine wichtige Verankerung der Ständer durch zwei schmiedeeiserne Schienen *a* gebildet, welche, absichtlich so lang als möglich gemacht, an beiden Seiten des Gerüstes von einem Ständer zum andern hinübergehen und mittelst schmiedeeiserner gedrehter Scheiben, die halb in die Ständer, halb in die Schienen eingefräst sind, die seitlichen Prellschläge des Bärs auf beide Ständermassen übertragen. Als Führungen für den Bär dienen zwei gusseiserne Schienen mit T-förmigem Querschnitte, welche auf die gehobelten Flächen der Ständer aufgepasst und an jeder Seite mittelst vier auf seitlich angegossene Knaggen der Ständer und Führungen warm aufgezogener schmiedeeiserner Ringe (*cc* in Fig. 349) befestigt sind. Etwas oberhalb der Führungen gewahrt man über jeder derselben ein am Ständer befestigtes Holzstück *b*, welches den Zweck hat, bei einem durch unaufmerksame Steuerung veranlassten zu hohen Aufsteigen den Bär abzufangen.

Oben sind die Ständer durch das gusseiserne Kronstück (Holm) verbunden, welches die Canäle für Ein- und Ausströmung enthält, sämmtliche Steuerungsmechanismen trägt und durch starke Schrauben wie durch zwei Stück an jeder Seite warm aufgezogener Ringe *dd* (Fig. 349) auf den Ständern befestigt ist.

*e* ist das Gehäuse des Zulassventils für den frischen Dampf, welches, wie aus beiden Abbildungen erkennbar ist, von dem Stande des Maschinenwärters aus mit Hülfe eines Handrädchens geöffnet und geschlossen wird, und dessen Einströmung in die beiden Dampfeinlassventile für Unter- und Oberdampf führt.

Von den vier in Fig. 349 ersichtlichen Steuerungsventilen ist
das mit *A O* bezeichnete Auslassventil für den Oberdampf,
„ „ *E O* „ Einlassventil „ „ „
„ „ *E U* „ „ „ „ Unterdampf,
„ „ *A U* „ Auslassventil „ „ „

Es wird ferner ohne Weiteres verständlich sein, wie die Ventile durch die in Fig. 349 erkennbare horizontale Zugstange und durch Hebel mit einander verbunden sind, so dass das Einlassventil für den Unterdampf *E U* und das Auslassventil für den Oberdampf *A O* gleichzeitig geöffnet werden, und sobald diese Oeffnung durch Empordrücken des am Rande des Hammerführers angebrachten Steuerungshebels *f* bewirkt wird, steigt der Hammer.

Nun ist dem Hebelarme, welcher das Ventil *E O* öffnet, in der Ventilstange ein solcher Spielraum gegeben, dass dieses Ventil, dessen Oeffnung durch dieselbe Bewegung der Zugstange erfolgt, welche *A U* öffnet, noch in Ruhe verharrt, während *A U* schon gehoben wird und der Unterdampf entweicht. Wird also die Bewegung der Steuerung in diesem Stande unterbrochen, so bleibt das Oberdampfventil geschlossen, und der Hammer fällt nur durch sein eigenes Gewicht. Wie leicht erkenntlich ist, geschieht das Oeffnen des Unterdampfauslassventils beziehentlich Oberdampfeinlassventils durch Niederdrücken des schon erwähnten Handhebels *f*; beim Niederdrücken bis zu einem gewissen Stande wird nur das erstere geöffnet, beim tiefern Stande des Hebels erhält auch der Oberdampf Zutritt. Zur Regelung dieser verschiedenen Steuerung befindet sich unterhalb des Handhebels, an dem Ständer befestigt, eine excentrische Scheibe *c*, durch eine Klinke *k* drehbar, auf deren Rand der Steuerungshebel beim Niederdrücken aufschlägt. Steht die Scheibe so, dass der grösste Abstand ihres Randes vom Drehungspunkte nach oben gerichtet ist, so schlägt der Steuerungshebel auf, bevor das Oberdampfventil geöffnet ist und der Hammer arbeitet nur mit Unterdampf; dreht man die Scheibe so, dass ihr Rand tiefer liegt und drückt den Hebel nieder, so wird auch das Oberdampfventil geöffnet.

Bei regelrechter Steuerung soll der Hammerführer die Steuerung für Auf- und Niedergang von Hand bewirken; um jedoch Unglücksfälle durch versäumte Umsteuerung beim Aufsteigen zu vermeiden, trägt der Bär ein Röllchen *r*, welches gegen eine Verlängerung des Steuerungshebels *f* trifft und dadurch im höchsten Stande selbstthätige Umsteuerung bewirkt.

Die auf den Abbildungen ersichtlichen Röhren *m m*, welche, aus dem Kronstücke kommend, auf der rechten Seite des Hammers sich in einem grösseren Rohre *n* vereinigen, dienen zum Ablassen des condensirten Wassers.

Von anderen Dampfhämmern, welche mit frischem Unter- und Oberdampfe arbeiten, hinsichtlich der Steuerung und sonstigen Einzelheiten aber charakteristische Unterschiede zeigen, nennen wir unter anderen

Schwartzkopff's Hammer (abgebildet und beschrieben in Wiebe's Skizzenbuch, Jahrgang 1870, Heft 4, Blatt 1; auch sehr gut abgebildet in den Zeichnungen der Hütte, Jahrgang 1869, Blatt 26); die Hämmer von Massey, Varrall, Ellwell u. Paulot, Sellers, Banning, deren wir zum Theil noch unter der Ueberschrift „Schnellhämmer" erwähnen werden [1]).

Farcot's Hammer. In den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts durch den Ingenieur Farcot in Paris erfunden. Die Ständer sind hohl und dienen als Dampfbehälter für den Unterdampf, welcher von hier freien Zutritt unter den Kolben hat. Der Zufluss des Dampfes in die Ständer erfolgt durch einen selbstthätig wirkenden Röhrenschieber, welcher nur so viel Dampf zuströmen lässt, als zur Aufrechterhaltung einer Dampfspannung erforderlich ist, wie sie eben zum Heben des Kolbens ausreicht (1 Atmosphäre Ueberdruck); welcher sich selbstthätig schliesst, sobald diese Dampfspannung unter dieses Maass sinkt. Da jener Raum innerhalb der Ständer in ununterbrochener Verbindung mit dem Raume unterhalb des Kolbens steht, so verharrt letzterer so lange in seinem höchsten Stande, bis ein stärkerer Gegendruck geübt wird. Dieses geschieht, und das Niederwerfen des Hammers erfolgt, indem der Abzugscanal für den verbrauchten Dampf im obern Raume geschlossen und stark gepresster Oberdampf zugeleitet wird; der Schlag ist eine Folge der verschiedenen Pressung unterhalb und oberhalb des Kolbens. Die Kolbenstange ist dünn und verringert den totalen Querschnitt nur unbedeutend; da aber der Druck per Flächeneinheit zum Heben des Dampfkolbens gering ist, fällt die Kolbenfläche selbst verhältnissmässig gross aus, und die Schläge erhalten durch den Oberdampf eine bedeutende Stärke. Die Steuerung erfolgt von Hand und ist meistens Schiebersteuerung [2]).

Der zum Anheben des Kolbens benutzte Dampf der Farcot-Hämmer wird beim Niedergange in die Ständer zurückgedrückt und bleibt somit für die weitere Benutzung unverloren; dagegen wird bei der grossen Oberfläche der dampferfüllten Ständer, obschon dieselben mit schlechten Wärmeleitern eingehüllt sind, jedenfalls viel Dampf condensirt, und die Wärme der Ständer dürfte für den Maschinenwärter nicht selten Belästigungen herbeiführen.

In Deutschland sind die Farcot-Hämmer selten zur Anwendung gekommen, häufiger in Frankreich, obschon auch dort in neuerer Zeit die Anzahl derselben eher im Abnehmen als im Zunehmen begriffen sein dürfte.

Türck's Dampfhammer, vom Ingenieur Türck in Chartres 1855 construirt. Die Kolbenstange ist dick und bewirkt dadurch einen erheb-

---

[1]) Vergl. A. v. Hesse: Die Werkzeugmaschinen nach den Ergebnissen der Wiener Weltausstellung, Leipzig 1874. — Die Steuerungsmechanismen der meisten oben genannten Hammerconstructionen sind eingehend beschrieben in v. Hauer, Hüttenwesensmaschinen, 2. Aufl. (vergl. Literatur über Hämmer).

[2]) Abbildung eines Farcot-Hammer siehe Dingler's polyt. Journal, Band 152, S. 403; ferner Mallet, Record of the Great Exhibition 1862, S. 313.

lichen Unterschied in dem freien Cylinderquerschnitte unter und über dem Kolben. Der Hub erfolgt, indem frischer Dampf vom Kessel her unter den Kolben tritt und der Dampf oberhalb des Kolbens entweicht; der Niedergang, indem nach Abschluss des Abzugscanals oberhalb des Kolbens frischer Oberdampf zugeleitet wird, ohne dass der Unterdampf ins Freie entlassen wird. Mit dem Farcot-Hammer stimmt der Türck'sche Hammer darin überein, dass der zum Abheben benutzte Dampf nicht verloren geht, sondern bei ersterem in die Ständer, bei letzterem nach dem Kessel zurückgedrückt wird, und der Kolben sofort wieder steigt, wenn der Oberdampf entweichen kann; der wesentliche Unterschied beider Systeme liegt darin, dass das Niederwerfen bei dem Farcot-Hammer durch die verschiedene Dampfspannung, bei dem Türck-Hammer durch die verschiedene Grösse der freien Kolbenfläche oben und unten bewirkt wird.

Die Steuerung ist selbstthätig mit entlastetem Schieber und bewirkt Expansion des Oberdampfs [1]).

Die Türck'schen Hämmer sind, obschon sie die Nachtheile der Farcot'schen theilweise vermeiden, in ihrer ursprünglichen Form selten in Anwendung; doch finden sich hier und da Combinationen der Eigenthümlichkeiten des Systems mit anderen Systemen.

Schnellhämmer. Die allgemeinen Grundzüge der Schnellhammersysteme wurden bereits oben gegeben. Ihrer Aufgabe gemäss, eine grosse Anzahl Schläge in gegebener Zeit auszuführen, werden sie niemals in grossen Abmessungen ausgeführt und bilden daher diesen Eigenthümlichkeiten zufolge in Schmiedewerkstätten zur Formgebung für mittelgrosse Gegenstände einen höchst wirksamen und nützlichen Ersatz des Handhammers.

Sofern es sich nur um die Art der Dampfwirkung und Vertheilung handelt, bilden die Schnellhämmer kein selbstständiges Hammersystem, sondern lassen sich den früher beschriebenen Systemen einreihen; die meisten erhalten frischen Unter- und Oberdampf und würden demnach denjenigen Hämmern beizugesellen sein, welche wir unter der Ueberschrift: Naylor's Hammer besprochen haben, auch Daelen's System ist mehrfach vertreten und Combinationen des Systems Daelen-Morrison und Daelen-Türck [2]). Sie bilden kleinere Formen jener Hämmer mit besonderen Steuerungsvorrichtungen.

Die Steuerung ist fast immer selbstthätig, was schon wegen der grossen Hubzahl unerlässlich ist; die Umsteuerung geht nicht momentan, sondern während eines gewissen Theils des Kolbenlaufs von Statten.

---

[1]) Abbildung des Türck'schen Hammers, Annales des mines, 5. Serie, 8. Band, Seite 533, Tafel IX.

[2]) Letztere Combination bei Schwartzkopff's Schnellhammer; siehe Wiebe's Skizzenbuch, Jahrgang 1870, Heft 4, Blatt 2.

Zur inneren Steuerung dienen vorwiegend Schieber. Die Schlagstärke lässt sich durch Regulirung des Dampfzuflusses und Verstellung des selbstthätigen Steuerungsmechanismus innerhalb gewisser Grenzen beliebig ändern. Das Hammergerüst ist bei der geringen Grösse einständrig (vorhängendes Gerüst); die Chabotte meistens mit dem Gerüste fest verbunden und gemeinschaftlich mit demselben fundamentirt.

Der Hauptunterschied der verschiedenen Schnellhammersysteme liegt also in der Anordnung und Wirkung der Steuerung, und da die grosse Anzahl Schläge leicht auf Beschädigungen dieser Steuerung hinwirken kann, und andererseits die Wirkung des Hammers eben zum grossen Theile von der richtigen Thätigkeit dieser Steuerung abhängig ist, so lässt sich leicht folgern, welche grosse Wichtigkeit gerade eine zweckmässige Steuerungsconstruction für die Zweckmässigkeit eines Schnellhammers besitzt.

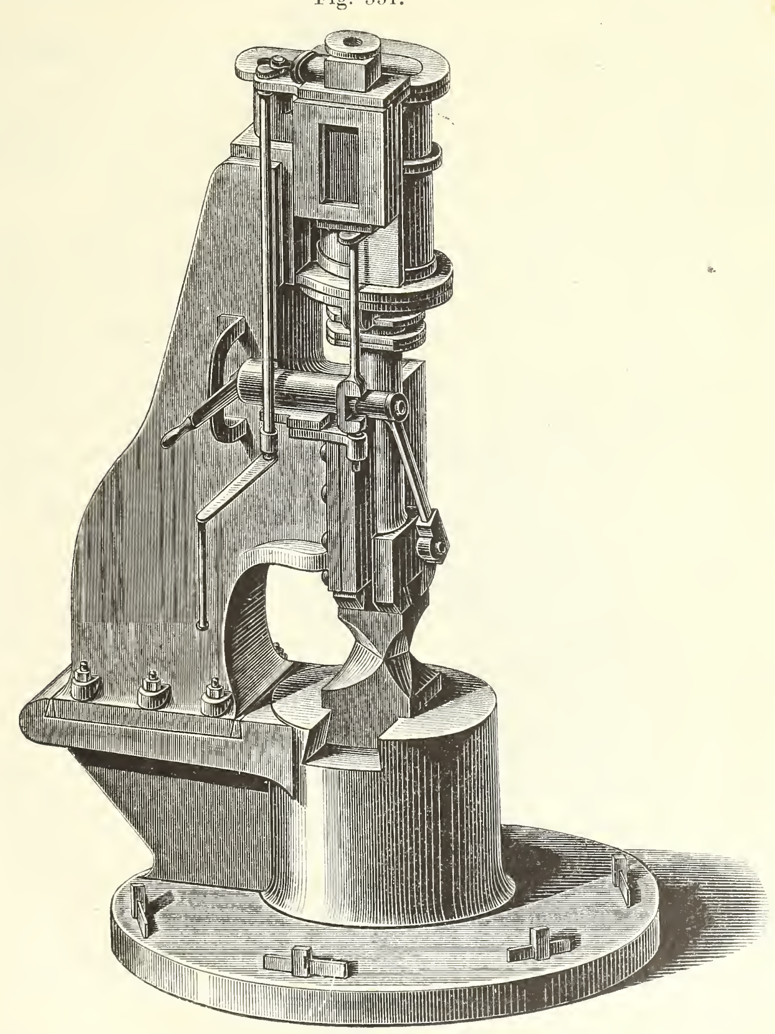
Unter den zahlreichen hierher gehörigen Constructionen können nur wenige als Beispiele hervorgehoben werden.

Schnellhammer von Keller und Banning[1]. Fig. 351 zeigt eine perspectivische Ansicht des Hammers. Der Ständer ist hohl und auf dem Untersatze aufgeschraubt, die innere Steuerung besteht aus einem Muschelschieber, welcher in seinem höchsten Stande den Einströmungscanal für den Unterdampf geöffnet hält, den Raum über dem Kolben aber mit dem Ausblaserohre verbindet. Der Schieberkasten ist dem Beschauer zugewandt. Die Zuleitung des Dampfes in den Kasten erfolgt von oben durch den aufwärts gerichteten Rohrstutzen und wird vermittelst eines durch Drehung der dem Beschauer zugewendeten Handkurbel bewegten Schiebers regulirt, beziehentlich ganz abgesperrt. Das Ausblaserohr befindet sich an der entgegengesetzten Seite, durch einen ringförmigen Canal mit dem Schieberkasten verbunden, und ist deshalb in der Abbildung nicht zu sehen. Die nach abwärts gerichtete Schieberstange endigt in einem klauenartigen, nach rechts offenen Schlitze, dessen innere Flächen mit Stahlplatten armirt sind, und in welchen ein an der dahinter liegenden horizontalen Welle befindlicher Daumen (Hebelarm) eingreift (letzterer ist in der Abbildung nicht deutlich ersichtlich). An dem rechten Ende dieser Welle befindet sich ein zweiter längerer Hebelarm, welcher mithin mit jenem kurzen zusammen einen Winkelhebel bildet. Das Ende des längern Armes steckt verschiebbar in einer Hülse, welche um einen an dem Hammerbär befestigten eisernen Bolzen drehbar ist. Es ist einleuchtend, dass, sobald der Bär steigt, die Hülse sich drehen, der Arm in derselben sich verschieben, dabei ebenfalls eine entsprechende Drehung erlangen und diese durch die Welle auf den kurzen Hebelarm übertragen wird. Wie erwähnt befindet sich der Steuerungsschieber bis dahin in seiner höchsten Stellung. Da der

[1] Aus der Maschinenfabrik von J. Banning, früher Keller und Banning zu Hamm in Westphalen.

Schlitz am untern Ende der Schieberstange breiter ist, als der in denselben eingreifende Daumen, so hat dieser im Beginne des Hubes Spielraum für die Drehung und der Schieber bleibt während dieses sogenannten „todten Gangs“ oder „Leergangs“ unbewegt. Sobald aber bei vorgeschrittenem Hube der Hebel die untere Fläche des Schlitzes erreicht, wird die

Fig. 351.



Schieberstange abwärts bewegt und zuerst vermittelst des untern Schieberlappens die Einströmung abgesperrt; die Expansion beginnt. Dann wird auch der Ausströmungscanal durch den oberen Schieberlappen geschlossen, und der über dem Kolben befindliche Dampf eingeschlossen und zusammengedrückt; endlich tritt bei weiterm Aufsteigen des Kol-

bens und bei weiterm Hinabrücken des Schiebers der untere Dampfcanal mit dem inneren Raume des Schiebers und dem Ausblaserohre, der obere Dampfcanal dagegen mit dem dampferfüllten Raume des Schieberkastens in Verbindung; es tritt Oberdampf ein und wirft den Kolben abwärts. Es folgt nun das umgekehrte Spiel der Steuerung als beim Aufsteigen; zuerst Leergang, dann Expansion u. s. w., schliesslich wieder Umsteuerung.

Da beim Aufsteigen des Bärs sich die Länge des in der Hülse verschiebbaren Hebelarms mehr und mehr verkürzt, so bewirken in dem oberen Theile des Hubes gleiche Kolbenwege grössere Schieberwege als in dem untern. Daher wird beim Steigen des Hammers der Eintritt des Gegendampfs rascher, beim Fallen langsamer geöffnet, und die Wirkung des Schlages durch letztern Vorgang weniger benachtheiligt.

Ausser durch Regulirung des Dampfzuflusses vermittelst der erwähnten Handkurbel lässt sich der Hub und die Schlagstärke auch in folgender Weise verändern. Die horizontale Drehungsachse der beiden Hebelarme ist excentrisch mit einer andern Welle verbunden, welche in einer an den Ständer angegossenen Hülse gelagert und durch einen an einem Gradbogen stellbaren Handhebel drehbar ist (vergl. Abbildung). Diese Einrichtung ermöglicht eine höhere und tiefere Stellung der Drehungsachse. Stellt man sie tiefer, so wird auch der Steuerungsschieber eine tiefere Stellung erhalten, die Umsteuerung findet beim Aufsteigen des Hammers früher statt, der Hub wird verkürzt, beim Fallen tritt früher Gegendampf ein und die Schlagstärke wird geschwächt.

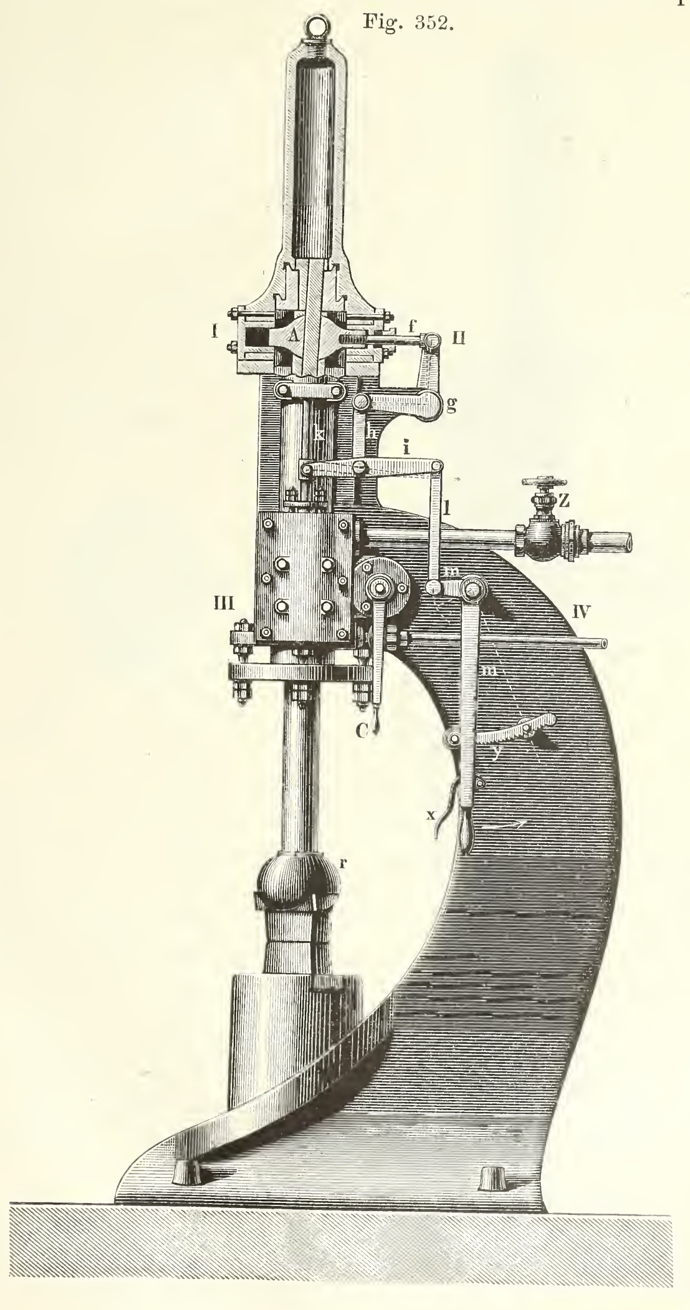
Kolben und Kolbenstange sind bei den Banning'schen Schnellhämmern aus einem Gussstahlstücke geschmiedet; das Bärgewicht beträgt 75 bis 750 Kilogramm bei einer Hubhöhe von 200 bis 870 Mm. und einer grössten Hubzahl von 500 Hüben per Minute bei den kleinsten, 150 Hüben bei den grössten Hämmern.

Sellers'scher Dampfhammer. Bei demselben ist die Steuerung an einer oberhalb des Dampfkolbens befindlichen Verlängerung der Kolbenstange angebracht, welche in Stopfbüchsen geführt ist und eine Führung des Bärs entbehrlich macht. Diese dem Morrison-Hammer entlehnte Einrichtung vermeidet die Beengung des Raums durch die Führungen um den Ambos herum und verringert die Gefahr für Beschädigung des Steuerungsmechanismus. Der Querschnitt der obern Kolbenstange ist schwächer als der der untern, dem Oberdampfe also eine grössere Fläche gegeben als dem Unterdampfe, wie es der Wirkung der Schnellhämmer entspricht.

Die Bewegung der Steuerung erfolgt durch eine Gleitbacke, welche in einer schräg ansteigenden Nuth der Kolbenstange gleitet und bei dem Aufsteigen der letztern in horizontaler Richtung verschoben wird. Zum Schutze gegen Staub und sonstige äussere Einflüsse ist die obere Kolbenstange sammt der erwähnten Gleitbacke durch einen gusseisernen Hut abgedeckt.

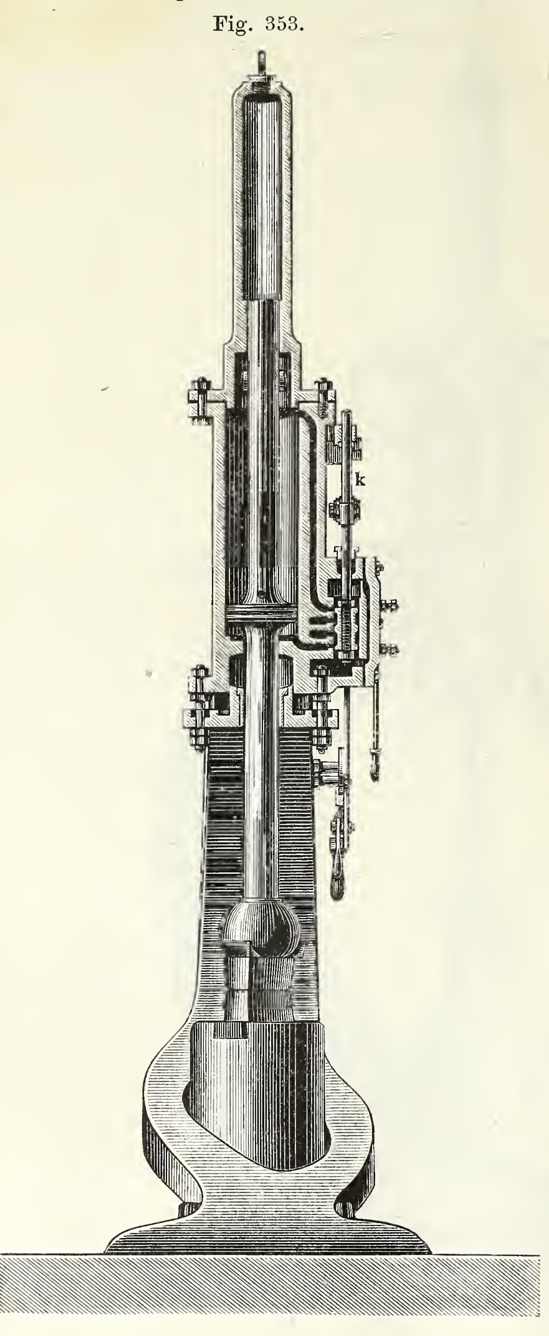
In Fig. 352 bis 355 ist ein derartiger Dampfhammer abgebildet, von der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik in Chemnitz gebaut, in dem Hauptprincipe mit dem ursprünglichen Sellers'schen Dampfhammer

Fig. 352.



übereinstimmend [1]), in den Einzelheiten aber mehrfach abgeändert und verbessert. Fig. 352 ist äussere Ansicht und Schnitt durch den Hut zur Blosslegung der Steuerung; Fig. 353 ist ein senkrechter Schnitt durch Cylinder und Schieberkastenmitte; Figur 354 ein Horizontalschnitt durch die obere Kolbenstange nach der Linie I, II in Fig 352; Fig. 355 endlich ein Horizontalschnitt durch Cylinder und Schieberkasten nach der Linie III, IV.

Fig. 353.




Aus Fig. 352 und 354 ergiebt sich die Einrichtung des für die Steuerung dienenden metallenen Gleitstücks *A*. Dasselbe greift an zwei gegenüberliegenden Seiten in die schrägen Nuthen der Kolbenstange (wodurch die letztere zugleich vor Drehung geschützt wird) und an der Aussenseite mit angegossenen Zapfen in entsprechende Führungen des Gehäuses, so dass beim Ansteigen und Fallen des Kolbens nur eine seitliche Verschiebung des Gleitstücks eintreten kann. Es ist aus Fig. 352 ersichtlich, dass beim Steigen des Hammers

[1]) Abbildung und Beschreibung des ursprünglichen Hammers. Polyt. Centralblatt 1874, S. 426.

das Gleitstück nach links, beim Fallen nach rechts gleiten muss. Diese Bewegung wird durch die kleine in einer Stopfbüchse geführte Schubstange *f*, den Winkelhebel *g*, Schubstange *h* und Hebel *i* auf die Stange *k* des entlasteten Steuerungsschiebers (vergl. Fig. 353) übertragen, derartig, dass der Schieber die entgegengesetzte Bewegungsrichtung als der Kolben annimmt. Der Gang des Hammers findet nun folgendermaassen statt. Das Dampfeinlassventil *Z* wird geöffnet, der Dampf tritt in den Schieberkasten. In der gezeichneten Stellung des Schiebers (Fig. 353) ist der Einlasscanal für den Unterdampf noch geschlossen, der Hammer verharrt noch in Ruhe. Dreht man nun aber den Winkelhebel *m* vermittelst des an seinem Ende befindlichen Handgriffs nach der Pfeilrichtung in die durch eine punktirte Linie angedeutete Stellung, so wird die Zugstange *l* und somit auch der an dem Ende derselben befindliche Angriffspunkt des Hebels *i* abwärts bewegt, die Schieberstange geht aufwärts, der Eintritt für den Unterdampf wird geöffnet, der obere Canal communicirt mit dem Ausblaserohre, der Hammer steigt. Es ist hierbei zu beachten, dass der Hebel *i*, je nachdem die Hebel *m* oder *g*

Fig. 354.

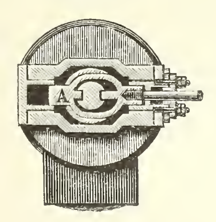
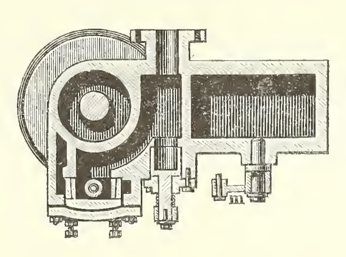



Fig. 355.




bewegt werden, als doppelarmiger oder als einarmiger Hebel thätig wird; in dem ersten Falle fällt der Drehungspunkt mit dem Angriffspunkte der Stange *h*, in dem andern mit dem Angriffspunkte der Stange *l* zusammen. *m* und somit auch die Stange *l* wird, um jede selbstthätige Verschiebung während des Ganges zu vermeiden, durch die Sperrfeder *x* in den Gradbogen *y* eingeklinkt.

Während nun der Hammer steigt, geht der Schieber abwärts. Zunächst wird der untere Canal geschlossen, der Dampf expandirt. Dann wird auch der obere Canal geschlossen, der eingeschlossene Dampf oberhalb des Kolbens wird zusammengedrückt; nun tritt der untere Canal mit dem Ausblaserohre, schliesslich der obere mit dem dampferfüllten äussern Raume im Schieberkasten in Verbindung, es tritt Oberdampf ein, während der Unterdampf entweicht und der Hammer fällt. Es beginnt dann die Umsteuerung in gleicher Reihenfolge. Der Oberdampf wird abgesperrt und expandirt; dann wird der untere Canal abgesperrt, schliesslich der Eintritt für den Unterdampf geöffnet. Durch Bewegung des Hebels *m* liegt es in der Hand des Maschinenwärters, die Schläge

zu reguliren. Je weniger weit nach rechts der Handgriff desselben verschoben wird, desto weniger hoch rückt der Schieber hinauf, desto früher erfolgt Umsteuerung, desto weniger hoch ist der Hub; dreht man den Hebel nach links, während der Hammer in der Höhe ist, so bleibt der Oberdampfcanal geöffnet, und es erfolgen starke Schläge; dreht man ihn nach rechts, so wird der Oberdampf vorzeitig abgesperrt, der Einlasscanal für Unterdampf geöffnet, es erfolgen schwache Schläge oder der Schlag wird ganz unterbrochen.

Der Hebel *C* dient zur Regulirung des Ausflusses für den Unterdampf. Je nachdem die Ausflussöffnung durch Drehung des Hebels verengt oder erweitert wird, fällt der Schlag schwächer oder stärker aus.

Die punktirten Linien in Fig. 352 geben die äussersten Grenzen für die Bewegungen der Steuerungstheile an. Als besonderer Vorzug dieser Hammerconstruction verdient der Umstand Erwähnung, dass diese Bewegungen, wie aus der Abbildung hervorgeht, und somit auch die aus den Bewegungen entspringende Abnutzung der Steuerungstheile auch bei vollem Hube des Hammers nur äusserst geringe sind.

Kolben und Kolbenstange sind in einem Stücke aus Gussstahl gefertigt. Der Bär aus Schmiedeeisen ist durch eine gespaltene conische Stahlbüchse (*r* in Fig. 352) mit der Kolbenstange verbunden; man umgeht hierdurch die unangenehme Nothwendigkeit, den Cylinderboden und die Stopfbüchse aus zwei Theilen fertigen zu müssen, was wegen des Einbringens des Kolbens unerlässlich ist, wenn derselbe mit Stange und Bär in einem Stücke gefertigt ist [1]).

---

Literatur über sämmtliche Gattungen von Hämmern.

J. v. Hauer: Die Hüttenwesensmaschinen, 2. Aufl., Leipzig 1876, enthält von S. 290 bis 468 Beschreibung und Constructionsregeln für die üblichsten Hammersysteme in klarer, fasslicher Darstellungsweise.

Ueber Stielhämmer:

Tunner: Die Stabeisen- und Stahlbereitung in Frischherden.

Karsten: Eisenhüttenkunde, 4. Thl., S. 9, 327.

Ueber Schwanzhämmer und Zuschlaghämmer:

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. 10, S. 251; Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 206, S. 251, Bd. 210, S. 6, Bd. 220, S. 404; Polytechnisches Centralblatt, Jahrgang 1872, S. 1334.

Ueber Transmissions- und Dampfhämmer:

Fallhämmer: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1870, S. 751; Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 144, S. 7, Bd. 147, S. 255, Bd. 160, S. 5.

---

[1]) Beschreibung und Abbildung dieser Befestigung siehe Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 215, S. 101.

Federhämmer: Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 213, S. 194, Bd. 214, S. 429; Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. 13, S. 242; Polytechnisches Centralblatt, Jahrgang 1873, S. 1445, Jahrgang 1875, S. 93.

Frictionshämmer: Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 123, S. 329; Polytechnisches Centralblatt, Jahrgang 1874, S. 1007.

Pneumatische Hämmer: Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 215, S. 397, Bd. 176, S. 176; Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. 15, S. 220.

Dampfhämmer: Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 189, S. 93; Bd. 213, S. 286 (Massey's Dampfhammer); Mittheilungen des Gewerbevereins für Hannover, Jahrgang 1863, S. 236 (kurze Beschreibung und Kritik der üblichsten Hammersysteme, von Rühlmann); Zeichnungen der Hütte, Jahrgang 1873, Taf. 6 (Keller und Banning's Hammer); Jordan, Album du cours de Métallurgie, Taf. 78, 79, 82; Wiebe, Skizzenbuch, Jahrgang 1865, Heft 2, Jahrgang 1872, Heft 2; Zeitschrift des bergmännischen Vereins für Kärnthen, Jahrgang 1874, S. 338, 361.

---

## Formgebende Ergänzungsstücke zu den Hämmern.

Von der Form der Hammer- und Ambosbahn ist die Gestaltung der Begrenzungsflächen eines geschmiedeten Arbeitsstücks abhängig. Zwar lässt sich durch geeignetes Drehen und Wenden des Arbeitsstücks zwischen den einzelnen Schlägen die Formgebung in mannigfachster Weise variiren; immerhin wird eine breite, flache Bahn immer nur eine eben solche Fläche, eine gekrümmte Bahn eine im entgegengesetzten Sinne gekrümmte Fläche des Arbeitsstücks hervorbringen können.

Um trotzdem mit einem und demselben Hammer und Ambos auch mannigfacher gegliederte Formen hervorbringen zu können, bedient man sich besonderer Geräthe, welche in jenen besonderen Fällen zwischen Hammer und Ambos eingeschaltet werden und die Schlagwirkung des Hammers erst auf das Arbeitsstück übertragen.

### Setzhämmer.

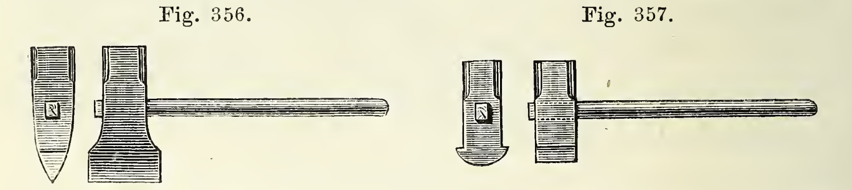
Wie der Name andeutet, versteht man unter diesem Ausdrucke hammerartige Werkzeuge, welche auf das zu bearbeitende Schmiedestück gesetzt werden und den Schlag des Hammers auf dieses fortpflanzen. Sie werden ebensowohl angewendet, wenn es bei genauer Arbeit darauf ankommt, Schläge auf eine ganz bestimmte Stelle zu führen, als wenn man durch eine besondere Profilirung des Setzhammers Eindrücke her-

vorbringen will, die sich durch den Hammer nicht geben lassen. Demnach hat ein Setzhammer entweder eine Finne oder eine Bahn, und die entgegenstehende Fläche wird von dem Hammer getroffen. Wie die Handhämmer werden sie mit Hülfe eines hölzernen Stiels gehalten; nicht selten benutzt man auch statt des letztern eine um den Setzhammer geschlungene Haselnussgerte, wodurch das unangenehme Prellen der Hammerschläge auf die Hand des den Stiel haltenden Arbeiters vermieden wird.

Fig. 356 zeigt einen solchen Setzhammer mit langer, schmaler Finne, Fig. 357 einen solchen mit halbrunder Bahn, um Hohlkehlen und dergleichen anzuschmieden.

Als Unterlage beim Schmieden mit dem Setzhammer dient in manchen Fällen das Stöckchen, ein parallelepipedisch geformtes Stück

Fig. 356. Fig. 357.



Gusseisen oder Stahl mit flacher oder profilirter Oberfläche, welches mit einem vierkantigen Zapfen in dem Ambos befestigt wird. Schmiedet man z. B. mit dem Setzhammer, Fig. 357, auf einem Stöckchen, welches eine eben solche convexe Oberfläche hat, so entstehen zwei Hohlkehlen einander gegenüber.

## Gesenke.

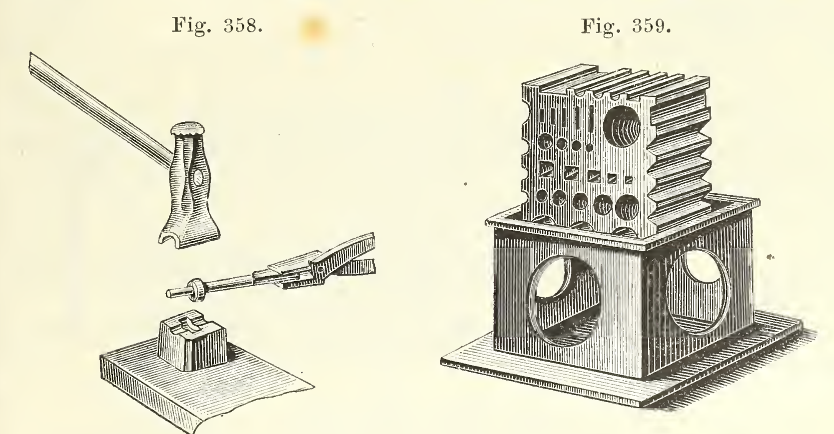
Dieselben sind wie die metallenen Gussformen des Giessers hohle, aus Gussstahl, Gusseisen, seltener Schmiedeeisen hergestellte Formen, deren Innenfläche genau der Aussenfläche des herzustellenden Schmiedestücks entspricht. Wie man beim Giessen offene und geschlossene Gussformen unterscheidet, so hat man beim Schmieden einfache Gesenke, bei welchen die offene Fläche durch die Bahn des Hammers geschlossen wird, und doppelte Gesenke, aus Ober- und Untergesenk bestehend.

Das Untergesenk erhält einen vierkantigen Zapfen und wird mit demselben in ein Loch der Ambosbahn gesteckt; das Obergesenk wird entweder an einem Stiele befestigt und mit demselben ähnlich wie ein Setzhammer gehandhabt; oder bei grossen Schmiedestücken und Anwendung von Maschinenhämmern statt der Hammerbahn in dem Kopfe oder Bär des Hammers befestigt. Fig. 358 stellt Ober- und Untergesenk zum Schmieden von cylindrischen Stäben mit Bunden dar und wird einer Erläuterung nicht bedürfen. Damit das Obergesenk beim Schmieden in genau richtiger Lage auf das Untergesenk zu stehen kommt und eine Verschiebung

beider Theile vermieden wird, versieht man letzteres bisweilen mit einem herumlaufenden Rande, in welchen das Obertheil sich hineinlegt.

Die in den Schmiedewerkstätten üblichsten Formen der einfachen Gesenke vereinigt man bisweilen — jetzt seltener als früher — in einem sogenannten Gesenkstocke, Fig. 359, einem gusseisernen oder gussstählernen Blocke von der Grundform eines halben Würfels, an dem Umfange mit Einschnitten der verschiedensten Querschnittsformen und auf den breiten Flächen mit durchgehenden quadratischen und kreisrunden Oeffnungen versehen, welche gleichfalls verschiedene Durchmesser besitzen. Der Block ruht in einem gusseisernen Untersatze und wird,

Fig. 358. Fig. 359.

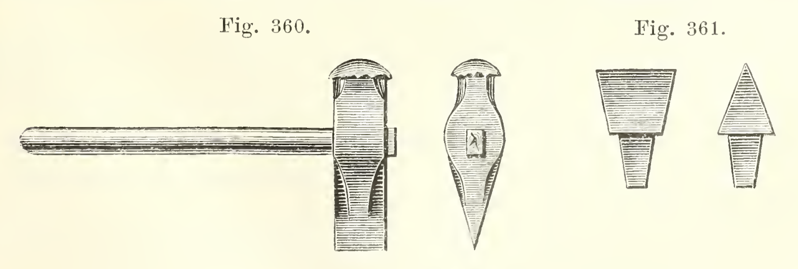


je nachdem der Gebrauch es erfordert, entweder hochkantig gestellt, wenn die eine der Seitenflächen benutzt werden soll, oder flach, wenn man die durchgehenden Oeffnungen benutzen will.

## Schrotmeissel und Abschrot.

Der Schrotmeissel hat die Form eines Setzhammers mit verstahlter und meisselartig geschärfter unterer Kante, welche zum Abtrennen einzelner Theile des Schmiedestücks benutzt wird, indem man den Schrotmeissel aufsetzt und mit dem Hammer einen Schlag auf den Kopf

Fig. 360. Fig. 361.



desselben führt. Kleinere Schrotmeissel sind ohne Stiel, wie ein gewöhnlicher Meissel geformt, und werden mit der Zange festgehalten.

Der Abschrot dient als Unterlage für den Schrotmeissel, hat demnach eine nach oben gekehrte Schneide und wird wie ein Gesenkuntertheil mit einem vierkantigen Zapfen im Ambos befestigt. Die Abbildung Fig. 360 (a. v. S.) stellt einen derartigen Schrotmeissel, Fig. 361 (a. v. S.) den zugehörigen Abschrot dar.

## Durchschlag und Lochring.

Dieselben dienen zum Hervorbringen von durchgehenden Löchern im Schmiedestücke durch Abscheeren, also durch Herausschlagen eines so grossen Stückes („Putzen“ genannt) aus dem vollen Metalle, als die betreffende Oeffnung werden soll. Demnach besteht der Durchschlag aus einem Stahlstempel, dessen untere geschliffene Fläche gleich dem Lochquerschnitte ist, und der Lochring aus einem Ringe, in welchen der Stempel hineinpasst. Der Durchschlag ist entweder wie ein Setzhammer mit einem Stiele versehen oder wird mit der Zange gehalten. Zur Erleichterung des Herausziehens ist derselbe gewöhnlich nach oben conisch erweitert.

Statt des Lochrings kann auch bisweilen der Gesenkstock benutzt werden.

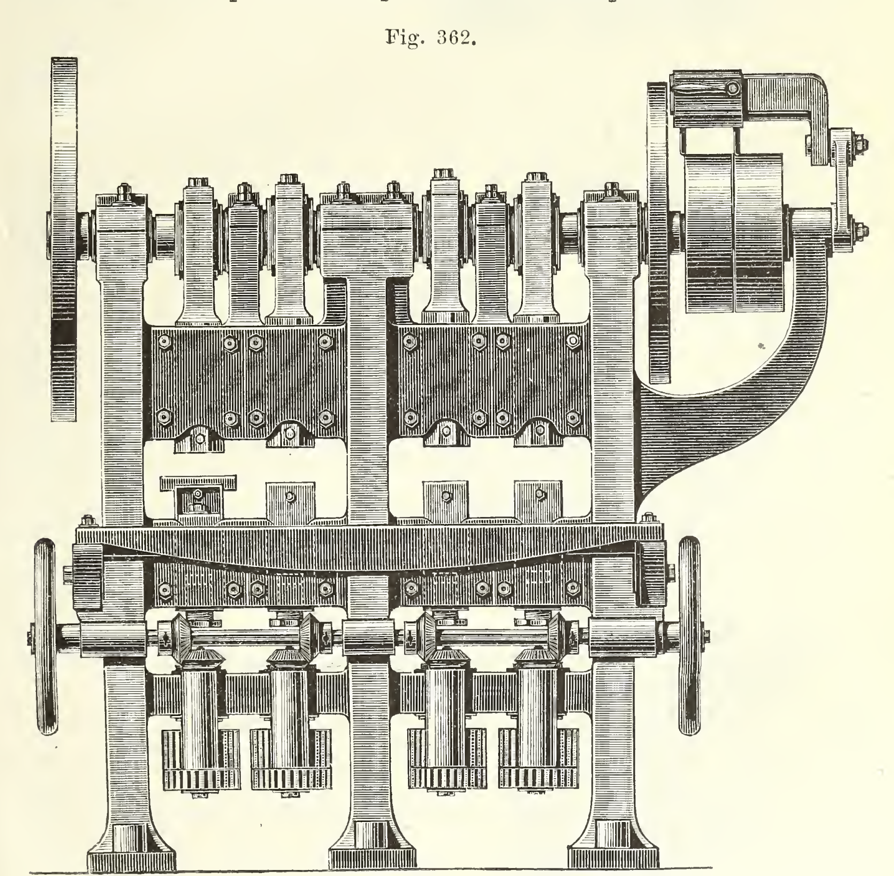
## Schmiedemaschinen.

Wenn man eine Anzahl Gesenke oder sonstiger formgebender Werkzeuge beim Schmieden, durch deren auf einander folgende Benutzung ohne Weiteres eine bestimmte Formgebung erfolgt, mit eben so vielen in einem gemeinschaftlichen Gerüste gelagerten und durch eine gemeinschaftliche Elementarkraft betriebenen Hämmern verbindet, so entsteht eine Schmiedemaschine. Meistens benutzt man allerdings statt der eigentlichen Hämmer Stempel, welche von einer gemeinschaftlichen Welle aus durch Excentriks ihre auf- und niedergehende Bewegung erhalten, so dass die Wirkung jedes derselben bei langsamem Gange der Maschine eher ein Pressen als ein Schlag zu nennen sein würde, bei der raschen Bewegung aber, welche diese Maschinen besitzen (200 bis 400 Hübe per Minute) der Wirkung des Hammers sehr ähnlich wird.

In den Figuren 362 bis 364 ist eine Schmiedemaschine einfacher Construction aus der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik in Chemnitz abgebildet. Dieselbe enthält vier Ober- und vier Unterstempel, deren jeder mit einem formgebenden Werkzeuge (Gesenk, Meissel und Abschrot etc.) versehen wird. Letzteres wird in eine Oeffnung des Stempels eingesetzt, mit einer Schraube befestigt, und kann demnach mit Leichtigkeit ausgewechselt werden. Die Oberstempel hängen an einer gemeinschaftlichen Welle, welche excentrisch mit der Antriebswelle ver-

bunden ist, so dass bei der Drehung der letztern die Achse der erstern Kurbelbewegung beschreibt. Damit nun diese Kurbelbewegung der Welle eine senkrecht auf- und niedergehende Bewegung der Stempel bewirke, sind diese, wie aus den Figuren 363 und 364 (a. f. S.) hervorgeht, einestheils in dem gusseisernen Gerüste der Maschine in solider Weise geführt, mit der excentrischen Welle aber durch ein metallenes Gleitstück verbunden, welches in dem Kopfe der Stempel ausreichenden Spielraum besitzt, um

Fig. 362.



die resultirende Horizontalbewegung allein auszuführen und nur die Verticalbewegung auf die Stempel zu übertragen.

Die Unterstempel sind gleichfalls in dem Gerüste geführt und stecken mit einer metallenen Hülse auf dem obern glatten Ende je einer schmiedeeisernen Schraubenspindel, welche sich in dieser Hülse frei drehen kann. Die Schraubenspindel geht durch eine im Gerüste fest gelagerte metallene Schraubenmutter hindurch, so dass bei einer Drehung der Schraube diese und somit auch der Stempel auf- oder abwärts bewegt wird, letzterer

ohne sich zu drehen, da seine achteckige Form diese Drehung verhindert. Die Bewegung der Spindel geschieht vermittelst des an ihrem untern Ende befestigten Stirnrades von solcher Breite, um auch bei senkrechter Bewegung der Spindel im Eingriffe mit dem davor liegenden Getriebe zu bleiben. Aus Fig. 362 ist ersichtlich, wie dieses vordere, an einer senkrechten Achse befindliche Getriebe durch Vermittlung eines Paares conischer Räder von einer horizontalen Welle aus von Hand bewegt wird, so dass durch Drehung des an der Maschine befindlichen linken Handrades die beiden linken Stempel, durch Drehung des rechten die beiden rechten Stempel immer gleichzeitig gehoben und gesenkt werden.

Fig. 363.

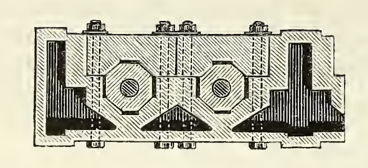
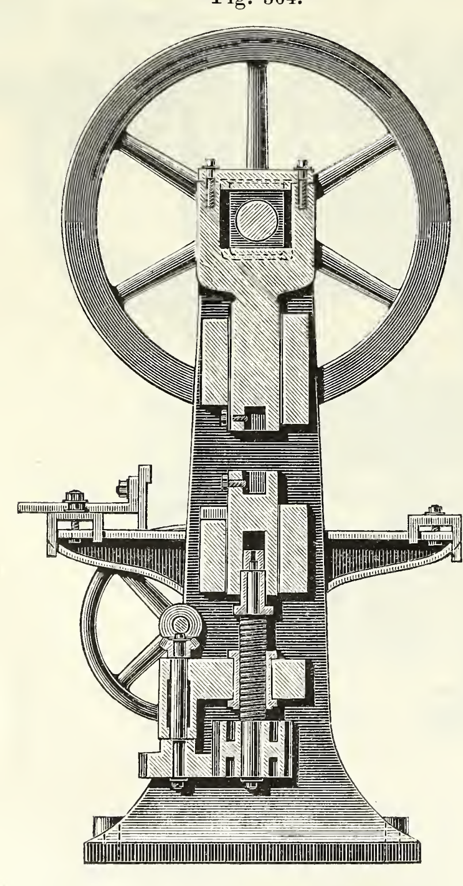


Fig. 364.



Vor den Stempeln befindet sich ein eiserner Tisch am Gerüste befestigt als Unterlage und Führung für die einzubringenden Schmiedestücke. Auf der Antriebwelle ist neben der festen Riemenscheibe eine Losscheibe angebracht, um die Maschine rasch ein- und ausrücken zu können; zwei Schwungräder an den beiden Seiten der Maschine sichern die Gleichförmigkeit der Bewegung und schützen die Transmission und Betriebsmaschine vor der Rückwirkung der von der Maschine ausgeübten Stösse. Die Welle der Maschine macht per Minute 350 Drehungen und somit jeder Stempel die gleiche Anzahl Hübe.

In dem Principe stimmen die sämmtlichen bekannten und angewendeten Schmiedemaschinen mit der beschriebenen überein und zeigen

nur Abweichungen in der Ausführung der einzelnen Theile. Solche Schmiedemaschinen sind u. A. die von Ryder, im Jahre 1851 auf der Londoner Industrieausstellung ausgestellt und noch jetzt vielfach in Anwendung (vergl. Wiebe, Maschinenbaumaterialien, S. 406, Taf. VIII, Fig. 2; Hoyer, Mechanische Technologie, S. 160; Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 123, S. 351); ferner die Schmiedemaschine von Johnson (Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 129, S. 426); von Hattersley (Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 135, S. 171); von Walker (Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 194, S. 390); von Wright (Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 181, S. 345; von Reed and Bowen (Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 197, S. 319).

Die Schmiedemaschinen sind sehr geeignete Apparate, wenn die Aufgabe vorliegt, eine grosse Anzahl gleicher und einfach gestalteter Körperformen durch Schmieden herzustellen, denen mit Hülfe einer geringen Anzahl formgebender Werkzeuge ihre Form sich ertheilen lässt. Der rasche Gang der Maschine und die durch Anwendung von Gesenken erzielte Verringerung menschlicher Arbeitsleistung beschleunigen dabei gemeinschaftlich die Vollendung jedes einzelnen Stücks; und da unter den verschiedenen Stempeln der Maschine stets mehrere Arbeitsstücke gleichzeitig bearbeitet werden können, so dass ein ununterbrochener Verlauf der Arbeit stattfindet, so ist die Stückzahl der in bestimmten Zeitabschnitten fertig werdenden Fabrikate eine verhältnissmässig grosse.

Eine solche Gattung von Gegenständen, für deren Anfertigung sich die Schmiedemaschinen eignen, sind z. B. Schienennägel, aus Quadratstäben geschmiedet und gewöhnlich in Anzahl von vielen Tausenden gefertigt.

## Das Arbeitsverfahren bei der Formveränderung durch Hämmern.

In den meisten Fällen wird dem Hämmern eine Erhitzung des Metalls in einem der früher beschriebenen Apparate vorausgehen. Wenn es den gehörigen Hitzegrad erreicht hat, nimmt der Schmied es aus dem Feuer, bringt es nach dem Ambos, entfernt den Glühspan durch Reiben an der Amboskante oder durch Abfegen mit einem Besen bei weniger erhitzten Metallen, und nun beginnt das Schmieden.

Gegenstände der kleinsten Art können von einem einzigen Arbeiter gefertigt werden, welcher mit der linken Hand das Metallstück hält, während die rechte den Hammer führt.

Bei den meisten Gegenständen, welche mit Handhämmern geschmiedet werden, ist ausser dem eigentlichen Schmiede noch mindestens ein Zuschläger erforderlich, für grössere Gegenstände oft zwei bis drei, welche die schweren Zuschlaghämmer schwingen, während der Schmied mit der linken Hand das Eisen hält, dieses so wendet und dreht, dass die Schläge auf die richtige Stelle fallen, mit der rechten Hand aber einen kleinen Hammer führt, theils zu dem

Zwecke, hier und da beim Schmieden nachzuhelfen, hauptsächlich aber, um den Zuschlägern die Stelle anzudeuten, auf welche sie schlagen sollen, und ihnen, je nachdem er Finne oder Bahn des Hammers gegen das Arbeitsstück wendet, dadurch anzugeben, ob sie mit dieser oder jener zu schmieden haben. Schliesslich lässt der Schmied seinen Hammer klingend auf den Ambos fallen und giebt dadurch das Zeichen zum Aufhören.

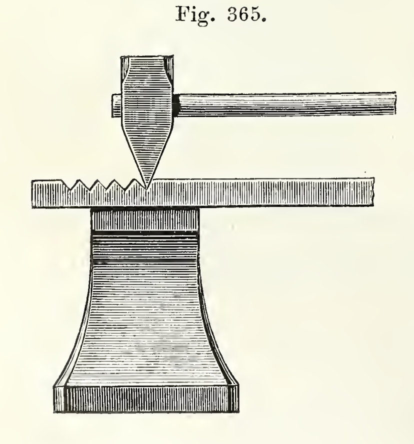
Bei Anwendung von Maschinenhämmern sind die eigentlichen Zuschläger entbehrlich und statt ihrer hat der Maschinenwärter die Zeichen des Schmieds zu beachten, darnach die Stärke der Schläge zu regeln etc. Nur bei den kleinsten Maschinenhämmern wird der Schmied selbst den Gang der Maschine zu führen im Stande sein. Bei allen grösseren Gegenständen aber, welche der Schmied allein zu regieren nicht im Stande ist, sind ein oder mehrere Gehülfen erforderlich, welche ihn mit Zangen und eisernen Haken unterstützen.

So mannigfach nun auch die Formen der Gegenstände sein können, welche sich durch diese verhältnissmässig einfache Arbeit und mit Hülfe der beschriebenen Geräthe herstellen lassen, so kann man doch eine Anzahl bestimmter Verfahrungsweisen kennzeichnen, aus deren Anwendung im Einzelnen oder in geeigneter Reihenfolge jene Formen hervorzugehen pflegen.

Die hauptsächlichsten dieser Verfahrungsweisen sind folgende:

Das Ausstrecken oder Zainen, in einer Verdünnung des Querschnitts und dadurch bewirkten Ausdehnung der Länge bestehend. Jeder Schlag des Hammers, auf das dehnbare Metall geführt, ruft in gewissem Maasse eine solche Ausdehnung hervor; da aber bei gleicher Wucht der Schläge derjenige der wirksamste sein und die stärkste Verdünnung hervorbringen wird, bei welchem diese Schlagwirkung auf die kleinste Fläche concentrirt wird, so geschieht das Ausstrecken am förderlichsten mit der Finne des Hammers, indem man Schlag neben Schlag mit derselben auf die Oberfläche des Metallstücks führt. Je schmaler die Finne ist, desto rascher wird die Arbeit vor sich gehen. Durch ein solches Arbeitsverfahren wird aber nicht eine glatte Oberfläche erzeugt werden können, sondern es wird eine Vertiefung neben der andern entstehen, zwischen welchen erhabene Stellen stehen bleiben (vergl. Fig. 365). Zur Ausgleichung dieser Unebenheiten wird dann die gestreckte Fläche mit der Bahn des Hammers nachgeschmiedet, welche Arbeit Schlichten genannt wird.

Fig. 365.



Bei Anwendung von Maschinenhämmern, welche nur eine einzige

schmale Bahn besitzen, wie es z. B. bei vielen Aufwerf- und Schwanzhämmern der Fall ist, streckt man, indem man das schmalere Arbeitsstück quer über den Ambos legt, und schlichtet dann durch Drehung in der Horizontalebene um 90 Grad, so dass nunmehr die Bahn mit ihrer ganzen Länge auf das Schmiedestück fällt.

Das Treiben oder Auftiefen, eine dem Strecken verwandte Arbeit, welche vorzugsweise zur Anfertigung von Hohlgefässen aus Eisen, Kupfer, Messing benutzt wird. Das durch Treiben in einen Hohlkörper zu verwandelnde Metallstück wird zunächst durch Strecken (welches ebensowohl unter Hämmern als unter Walzen geschehen kann) in eine plattenartige Form gebracht. Wird nun auf eine solche Metallplatte an irgend einer Stelle ein Hammerschlag ausgeführt, so entsteht an dieser Stelle eine Querschnittsverdünnung und ein Strecken des Metalls; da aber die umgebenden, vom Hammer nicht getroffenen Metalltheile nicht ausweichen können, so muss sich eine Beule, d. i. Vertiefung, bilden. Denkt man sich nun statt des einen Hammerschlags eine grosse Menge Schläge in regelmässiger Reihenfolge auf den mittlern Theil einer Metallplatte geführt, während der Rand unberührt bleibt, so muss durch diese Querschnittsverdünnung der ganze mittlere Theil ausgebaucht werden, und die Gestalt einer Schale oder eines Kessels annehmen. Je nachdem man die Hammerschläge mehr oder weniger stark und mehr oder weniger häufig auf bestimmte Stellen fallen lässt, kann man in solcher Weise verschiedenartig geformte Hohlkörper erzeugen.

Wie das Strecken am raschesten mit der schmalsten Finne vor sich geht, so wird das Auftiefen durch einen kleinen Durchmesser der calottenförmigen Hammerbahn befördert und es erklärt sich hieraus die Form des auf Seite 404, Fig. 320, abgebildeten Hammers zur Herstellung von Hohlgefässen.

Bei der fabrikmässigen Anfertigung von Kesseln, Schalen u. s. f. aus den eben genannten Metallen legt man eine grössere Anzahl Metallscheiben (4 bis 18) auf einander, biegt den Rand der untersten, grössten Scheibe durch Hämmern um, so dass sämmtliche Scheiben durch denselben zusammengehalten werden, und unterwirft nun sämmtliche Scheiben zusammen, deren Inbegriff ein Gespann genannt wird, der Bearbeitung, indem man die Schläge in spiralförmiger Linie vom Mittelpunkte nach dem Umkreise hin und in gleicher Linie zurück ausführt, und zwar wird das Gespann zu diesem Zwecke mit einer entsprechend geformten Zange erfasst und unter dem Hammer langsam gedreht. Nach beendigter Formgebung wird das Gespann durch Aufbiegen des Randes wieder gelöst und zur Vollendung der Form jedes einzelnen Stückes (welche in der Werkstatt des Kupferschmieds etc. bewirkt wird) aus einander genommen.

Das Stauchen. Man versteht hierunter eine derartige Bearbeitung, durch welche das Metall in seiner Längenrichtung zusammengedrückt, verkürzt, in seiner Stärkeabmessung verdickt wird. Das Stauchen ist also die entgegengesetzte Arbeit des Streckens. Zweck des

Stauchens ist die Hervorbringung von Verdickungen in der Mitte oder am Ende von Metallstücken. Kleine Stücke werden gestaucht, indem man sie senkrecht auf den Ambos stellt und mit dem Hammer darauf schlägt, nachdem die zu stauchende Stelle erwärmt ist; grosse Stücke staucht man, indem man sie heftig gegen den Ambos oder einen grossen Stein in der Sohle der Schmiedewerkstatt stösst. In manchen Schmiedewerkstätten benutzt man einen schweren Gusseisenklotz zum Stauchen, welcher an einer Kette von der Decke der Werkstatt herabhängt. An einer zweiten Kette hängt das zu stauchende Metallstück, so dass es mit dem Gusseisenblocke in gleicher Höhe sich befindet. Man schwingt sowohl den Gusseisenblock als das Metallstück pendelartig aus einander und lässt sie dann heftig zusammenschlagen.

Stets muss der gestauchte Theil später überschmiedet werden, um die Gestalt gehörig auszubilden, verzogene Theile zu richten und fehlerhafte Stellen zu verbessern.

Eine besondere Art des Stauchens zu dem Zwecke, den Durchmesser ringförmiger Arbeitsstücke, z. B. Spurkranzreifen, zu verkleinern, erwähnt Karmarsch. Der Reifen wird in einem Glühofen rothwarm gemacht, dann rasch zur Hälfte seiner Breite in kaltes Wasser getaucht bis er erkaltet ist. Da der eingetauchte Theil sich hierbei zusammenzieht, muss der noch heisse dehnbare Theil dieser Zusammenziehung folgen und wird gestaucht; nun wird das Verfahren wiederholt und der vorher gestauchte Theil in das Wasser getaucht, wodurch auch die andere Hälfte des Ringes eine Stauchung erfährt.

Wenn man eine flache Scheibe rings mit dem Hammer derartig bearbeitet, dass eine Aufbiegung des Randes erfolgt, so entsteht offenbar ein Hohlkörper, dessen Durchmesser kleiner ist als derjenige der ursprünglichen Platte. Diese Verkleinerung des Durchmessers äussert sich bei fehlerhafter Arbeit durch eine Faltenbildung, bei normalem Verlaufe durch eine Zunahme der Querschnittsstärke als Folge der Zusammendrückung, welche einem wirklichen Stauchen gleichkommt. Diese, dem Treiben entgegengesetzte Methode, hohle Formen zu bilden, nennt man Aufziehen.

Das Ansetzen. Man versteht unter diesem Ausdrucke die Bildung eines Ansatzes, d. h. eines vorspringenden durch eine plötzliche Verminderung des Querschnitts entstandenen Theils des Schmiedestücks.

Fig. 366.

Fig. 367.

Für diese Arbeit sind vorzugsweise die Setzhämmer geeignet. Die Figuren 366 und 367 werden ohne Weiteres die Bildung eines einfachen und doppelten Ansatzes erläutern können. Für den erstern Zweck ragt der Setzhammer etwas über die Amboskante hinaus, für den doppelten Ansatz schneidet die äussere Kante des Setzhammers genau mit der Amboskante ab. Die Form des Ansatzes kann sehr mannigfaltig sein, und wird durch die Form des Setzhammers wie der Unterlage (als welche für besondere Formen das Stöckchen benutzt wird) bedingt.

Das Biegen. Man gebraucht zu runden Biegungen das Horn des Amboses oder Sperrhorns, indem man das Schmiedestück quer darüber legt und auf die nicht unterstützte Stelle hämmert. Statt des Horns dient häufig ein Dorn, d. h. ein Eisen- oder Stahlstab, um welchen das Metall herumgeklopft wird. Scharfe Winkelbiegungen werden durch Umklopfen über die Kante des Amboses oder eines Stöckchens hervorgebracht. Von dem Biegen grösserer Gegenstände in besonderen Apparaten (Biegemaschinen) wird unten bei den Vollendungsarbeiten die Rede sein.

Das Lochen. Die Anwendung des oben beschriebenen Durchschlags nebst Lochrings zur Hervorbringung von durchgehenden Oeffnungen ist zwar eine sehr einfache, bedarf jedoch, um genaue Arbeit zu geben, mancherlei Kunstgriffe. Wenn, wie es häufig der Fall ist, das Loch auf einer ganz bestimmten Stelle des Arbeitsstücks angebracht werden soll, so bezeichnet man diese zuvor mit dem Körner (vergleiche S. 36) und setzt nun den Durchschlag auf die angezeichnete Stelle. Beim Durchtreiben des Durchschlags durch dicke Metallstücke entsteht statt eines cylindrischen Lochs ein conisches, in Folge der etwas conischen Form des Werkzeugs. Man locht also von einer Seite bis zur Hälfte und treibt dann von der andern Seite den Putzen heraus. Das Loch ist nunmehr in der Mitte am engsten. Man treibt deshalb nunmehr einen prismatischen Stahlstab von entsprechender Dicke und Querschnittsform in das entstandene Loch und hilft dadurch diesem Uebelstande ab. Der Stahlstab heisst Dorn und die beschriebene Arbeit Ausdornen. Dieselbe wird auch angewendet, wenn ein genau passender Durchschlag nicht vorhanden ist. So z. B. kann man, um Löcher von dreiseitiger, quadratischer, sechseckiger u. s. w. Form anzubringen, zunächst ein rundes, entsprechend kleineres, Loch mit dem Durchschlage einschlagen und es dann durch Eintreiben eines entsprechend geformten Dorns auf seine richtige Form aufweiten.

In manchen Fällen dient zur Hervorbringung von Löchern statt des Durchschlags der Schrotmeissel, mit dem man in das Metallstück einen Schlitz haut, welcher dann mit Hülfe eines Dorns aufgeweitet wird. Diese Arbeit nennt man Aufhauen, zum Unterschiede vom Lochen mit dem Durchschlage. Sie wird angewendet, wenn es darauf ankommt, die durch das Herausschlagen des Putzens hervorgerufene Schwächung

des Materials zu vermeiden, es findet hierbei eine Stauchung des Metalls rings um das Loch statt.

Das Schweissen. Der Zweck des Schweissens und die Bedingungen, welche zum Gelingen der Schweissung erfüllt werden müssen, fanden bereits oben (S. 342 ff.) Erwähnung. Es geht aus jenen Besprechungen hervor, dass die Ausführung des Schweissens um so leichter sein wird, je grösser die zu schweissenden Flächen sind. Man sucht deshalb die zu schweissenden Stücke von vornherein so zu gestalten, dass die Berührungsflächen möglichst gross ausfallen, und wendet dazu verschiedene Kunstgriffe an. Wenn z. B. zwei stabförmige Körper oder zwei Enden eines zu einem Ringe zusammengebogenen Stabes zusammengeschweisst werden sollen, so wird man sie in der Regel nicht stumpf zusammenstossen lassen, sondern mit schräger Fuge verbinden (Fig. 368); oder man spaltet, besonders wenn Stahl und Eisen zusammengeschweisst werden sollen, das eine Stück auf und steckt das andere Stück mit einem keilförmigen Zapfen in den Spalt (Fig. 369). Wo es angeht, bringt man die zu schweissenden Stücke schon in der für die Schweissung erforderlichen Lage zusammen in das Feuer und erhitzt sie gemeinschaftlich, nur beim Zusammenschweissen von Stahl und Eisen erhitzt man beide Metalle getrennt in Rücksicht auf die verschiedene Temperatur, welche sie zur Schweissung bedürfen. Anfänglich giebt man einige rasche, aber weniger kräftige Hammerschläge, indem man an der von dem Ausgange der Fuge entferntesten Stelle beginnt und rasch gegen den Ausgang fortschreitet, um die eingeschlossene, flüssige Schweissschlacke mehr und mehr aus dem Innern nach dem Ausgange hin zu treiben; hat die Schweissung begonnen und das Metall in Folge der Abkühlung einen etwas weniger weichen Zustand angenommen, so führt man kräftigere Schläge.

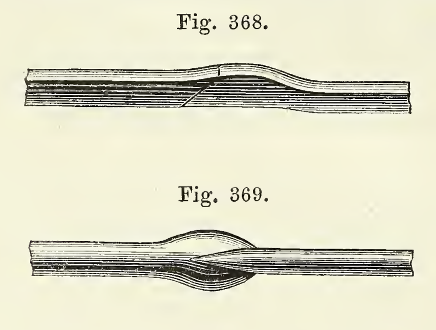

Fig. 368.

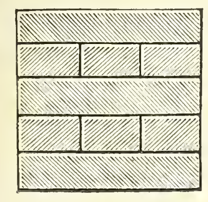
Fig. 369.

Müssen die Enden der zu schweissenden Stücke stumpf vor einander gestossen werden, so geschieht die Verbindung durch Schläge in der Längenrichtung wie beim Stauchen. Um die Schweissschlacke bei diesem letztern Verfahren besser zu entfernen, giebt man den Enden gern schwach convexe Form, so dass rings herum eine anfänglich offene Fuge bleibt, die erst beim Zusammenstauchen sich schliesst. Wenn die Schweissung beendet ist, wird das Arbeitsstück durch fortgesetztes Schmieden in die richtige Form gebracht.

Wenn die Schweissung den Zweck hat, aus einer Anzahl formloser Körper ein einziges Stück als Material für die weitere Formgebung herzustellen, so legt man jene Körper (Rohschienen, Abfälle, Alteisen) zu so-

genannten Packeten zusammen und bringt sie als solches in den Schweissofen. Diese Packete haben parallelepipedische Form von quadratischem oder rechteckigem Querschnitte; die einzelnen Stücke, welche das Packet bilden, sind in demselben derartig zusammengelegt, dass ihre Flächen sich möglichst innig berühren. Durch umgelegten Draht pflegt man das ganze Packet zusammenzuhalten. Fig. 370 stellt den Querschnitt eines solchen Packets, aus einzelnen Eisenschienen gebildet und für die Darstellung von Eisenblechen bestimmt, dar, in welchem die Stäbe kreuzweis über einander gelegt sind. Wenn das Packet schweisswarm geworden ist, wird es zum Hammer gefahren, der für diesen Zweck ein bedeutendes Gewicht besitzt, durch einige schwache Schläge zunächst vorsichtig zusammengeschweisst, dann durch kräftigere Schläge weiter verdichtet und ausgereckt.

Fig. 370.



Es verdient jedoch Erwähnung, dass nur solche Packete unter Hämmern (zu sogenannten „Brammen") geschweisst und ausgeschmiedet werden, bei denen eine grosse Dichtigkeit Erforderniss ist, z. B. für Bleche; ein grösserer Theil wird zwischen Walzen geschweisst, wie unten besprochen werden wird.

Bei der Raffination und Verarbeitung des Stahls nennt man die zu schweissenden, aus Stahlstäben gebildeten Bündel „Garben", und das Verfahren des Zusammenschweissens und Ausreckens „Gärben".

---

Literatur über formgebende Werkzeuge und Arbeitsverfahren beim Schmieden.

Prechtl-Karmarsch, Technologische Encyclopädie, Bd. IX, S. 550, Bd. IV, S. 478, Bd. XII, S. 568.

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, Bd. I, S. 180 ff.

Wiebe, Maschinenbaumaterialien, S. 370, 376, 405 ff.

Karsten, Eisenhüttenkunde, Th. IV, S. 327 ff.

Petzholdt, Fabrikation von Eisenbahnmaterial, Taf. V, Fig. 8 bis 11, Text S. 37 (Schienennägel); S. 130 ff., (Anfertigung schmiedeeiserner Räder); S. 153 ff. (Anfertigung schmiedeeiserner Dampfcylinderkolben und Achsbüchsen); S. 191 ff. (Anfertigung der Achsen); S. 207 ff. (Kuppelstangen).

---

## B. Pressen.

Die Formgebung durch Pressen erfolgt durch einen ruhigen, aber mit der vorschreitenden Formveränderung, dem wachsenden Widerstande des Arbeitsstücks gegen die Formveränderung entsprechend wachsenden Druck. Gewöhnlich wird die Formgebung durch einen einzigen Druck ausgeführt; in allen Fällen wird dieselbe Arbeit, welche nur zahlreiche Hammerschläge nach und nach bewirken können, hier mit einem Male durch den Druck verrichtet, und es muss deshalb die Grösse des Druckes eine in gleichem Verhältnisse beträchtlichere sein.

Da ein Drehen und Wenden des Arbeitsstücks während der Arbeit, wenn sie durch einen einzigen Druck verrichtet wird, nicht möglich ist, so hat man für jede herzustellende Form ein formgebendes Ergänzungsstück nöthig — Gesenk oder Matrize —, welches, wie eine Gussform beim Giessen, die Umrisse des Arbeitsstücks bestimmt.

Zur Hervorbringung des erforderlichen hohen Drucks dient der Hebel oder die Schraube in solchen Fällen, wo es sich vorzugsweise um Erzielung einer Formveränderung der Oberfläche bei einem in seinen allgemeinen Umrissen bereits fertigen Gegenstande handelt, also bei der unten zu besprechenden Vollendung der Form; Dampfdruck auf einen Kolben mit grosser Oberfläche wirkend; hydraulischer Druck.

Für eine durchgreifende Formveränderung der Metalle, also für die erste rohe Formgebung, ist die hydraulische Presse wegen der mit derselben erreichbaren Totalleistung jedenfalls der wirksamste und zweckentsprechendste Apparat, und wenn man den Betrieb der Druckpumpen für die Presse durch eine kräftige Dampfmaschine geschehen lässt, so kann man Leistungen hervorrufen, wie sie kein anderer Apparat zu liefern im Stande ist.

Eine hervorragende Wichtigkeit haben die Pressen erlangt, indem man sie benutzte, Stahl und Schmiedeeisen in Formen zu pressen, welche durch Schmiedearbeit gar nicht oder doch nur mit bedeutend grösserem Aufwand von Zeit und Arbeit sich würden herstellen lassen. Hierher gehören z. B. Maschinentheile von complicirter Form: Kreuzköpfe, Achslager, Dampfcylinderkolben u. dergl., insbesondere für den Locomotivbau; Radnaben nebst Speichen, u. v. a.

Unter den mehrfachen hierher gehörigen Constructionen von hydraulischen Pressen möge als Beispiel diejenige einer eingehendern Beschreibung unterzogen werden, welche hinsichtlich der Vollkommenheit und Grossartigkeit ihrer Leistung wohl allen anderen voranzustehen berufen ist. Es ist dieses die nach ihrem Erfinder benannte Haswell'sche Schmiedepresse, auch wohl Presshammer genannt, von John Haswell in Wien im Jahre 1861 construirt.

Die Abbildungen Fig. 371 bis 375 mögen hierbei zur nähern Erläuterung dienen.

Der horizontale Dampfcylinder *a* mit einem Durchmesser von 1,3 M. und oft darüber ruht in der Mitte eines soliden gusseisernen Rahmens,

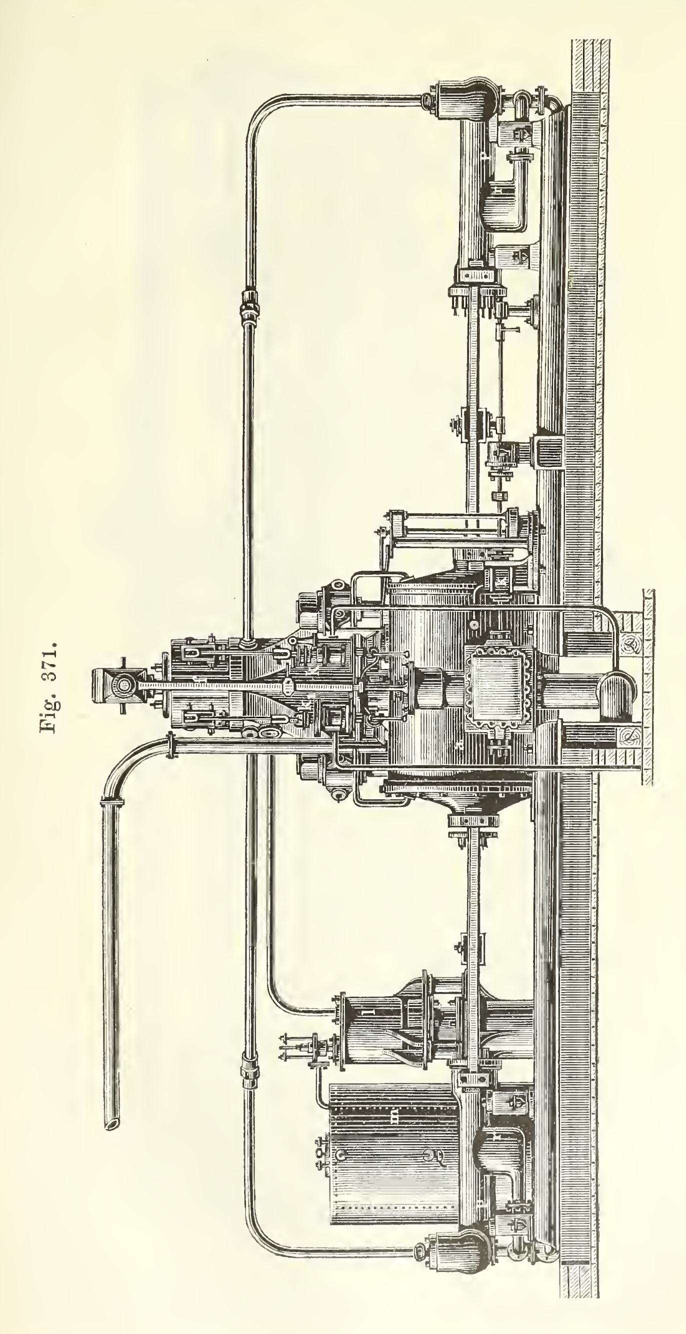


Fig. 371.

auf dessen beiden Enden zwei direct wirkende Saug- und Druckpumpen *pp* derartig angebracht sind, dass beide Pumpen mit dem Dampf-

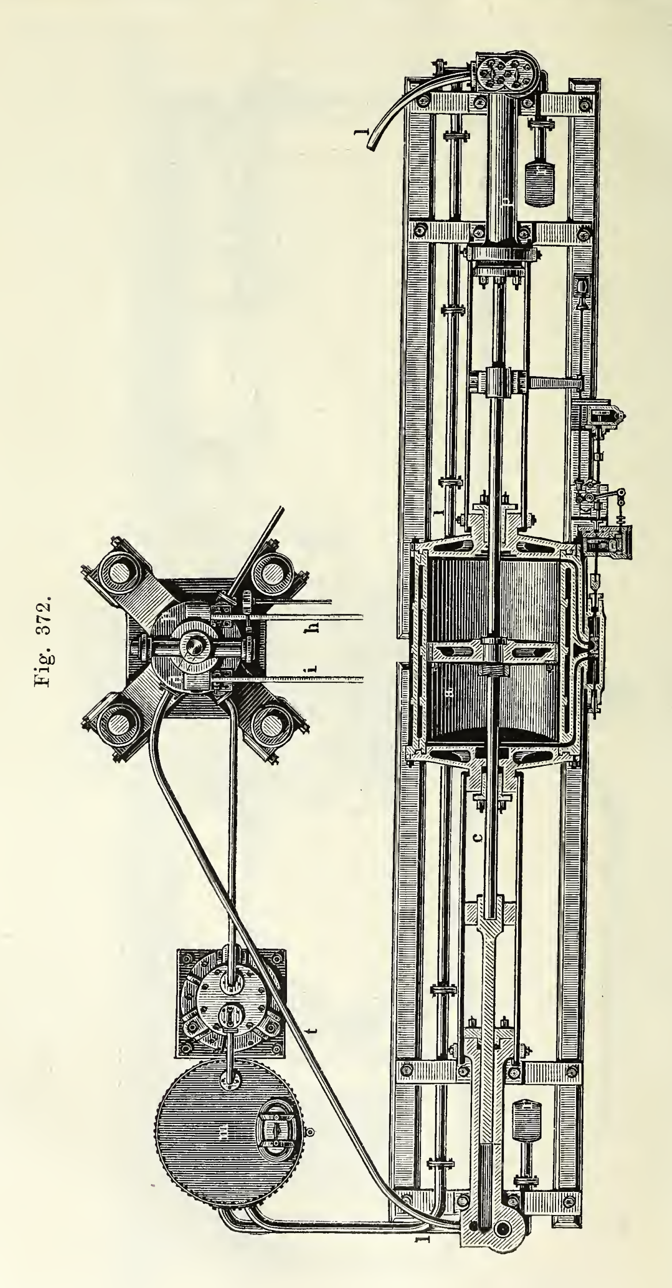
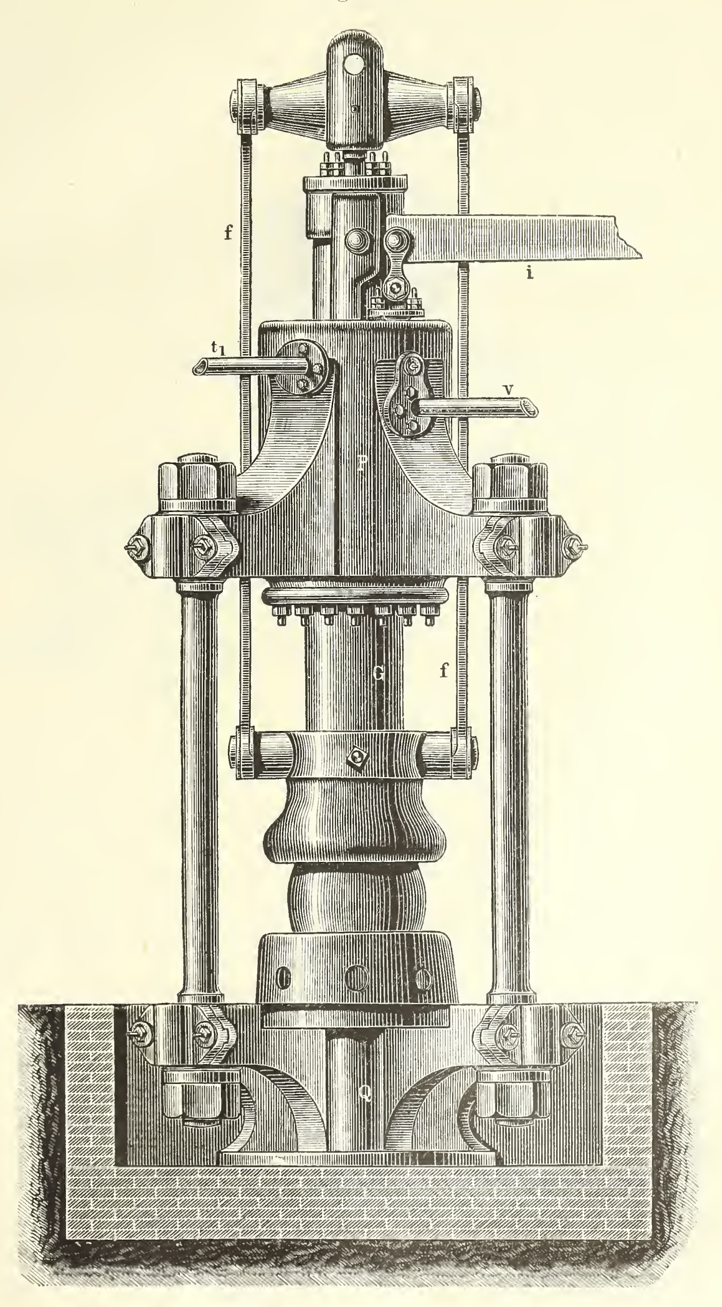


Fig. 372.

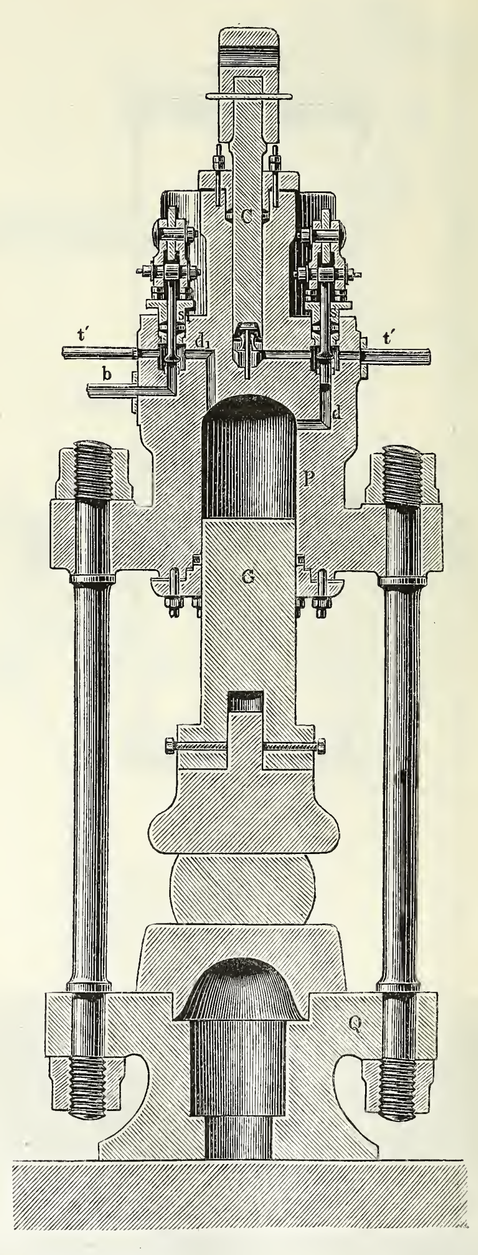
cylinder eine gemeinschaftliche Mittellinie besitzen. Die Kolbenstange *c* ist in beiden Stopfbüchsen des Dampfcylinders geführt und unmittelbar

Fig. 373.



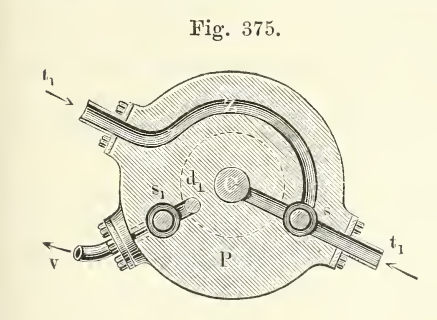
mit dem Mönchskolben der Pumpen verbunden. Zur festern Verbindung des Dampfcylinders mit den Pumpencylindern dienen ausser dem Funda-

Fig. 374.



mentrahmen je zwei schmiedeeiserne Schienen, welche zugleich Gleitschienen für die an den Verbindungsstellen zwischen den Kolbenstangen eingeschalteten Querstücke bilden, und somit die horizontale Bewegung der Kolbenstangen sichern. *l l* sind die Saugröhren, $t_1\, t_1$ die Druckröhren der Pumpen aus Schmiedeeisen, deren Ventile in dem Durchschnitte des linken Pumpencylinders in Fig. 372 zu erkennen sind. Jede Pumpe ist ausserdem mit einem Windkessel *r r* in Verbindung gesetzt, um die nachtheiligen Einwirkungen des Stosses der Pumpen auf die Maschine abzuschwächen. Der Dampfcylinder hat Schiebersteuerung; da jedoch die Umsteuerung bei der Grösse des auf dem Schieber lastenden Dampfdrucks aus freier Hand nicht gut erfolgen kann, so wird die Schieberstange von einem kleinen Dampfcylinder *K* aus bewegt, welcher leicht von Hand gesteuert werden kann, wenn die Maschine in Betrieb kommen soll, während des Ganges aber selbstthätig vermittelst des an der rechten Kolbenstange *c* befestigten Horizontalarms gesteuert wird, welcher bei Beendigung des Hubes mit Hülfe eines Hebelwerks den kleinen Steuerungsschieber verschiebt und dadurch auch Umsteuerung des grossen Cylinders bewirkt (vergl. Fig. 372). Die Dampfzuströmung erfolgt von oben durch das auf dem Schieberkasten angebrachte Dampfrohr (Figur 371) und wird durch ein Ventil regulirt; der verbrauchte Dampf entweicht durch das unterhalb des Schieberkastens ersichtliche Rohr. Zum Schutze gegen Abkühlung ist der Dampfcylinder mit einem Dampfmantel und ausserdem einer Holzbekleidung umgeben. In Fig. 373 und 374 ist *G* der Kolben des hydraulischen Cylinders *P*, welcher letzterer durch vier starke schmiedeeiserne Säulen mit dem Untersatze *Q* — ähnlich der Chabotte bei Hämmern — verbunden ist. Die Oberkante von *Q* liegt im Niveau der Hüttensohle. An dem untern Ende ist der Kolben mit einer Bahn oder einem Obergesenke ausgerüstet, der Form der zu pressenden Gegenstände entsprechend. Es ist leicht ersichtlich, wie durch Zuleitung von Druckwasser über den Kolben derselbe gesenkt wird. Um aber nach vollbrachtem Drucke den Kolben wieder emporziehen zu können, befindet sich dem Presscylinder entgegengesetzt und mit demselben in einem Stücke gegossen ein zweiter Cylinder mit einem Gegenkolben *C*, welcher an seinem obern Ende ein starkes Querhaupt trägt und von diesem aus durch zwei Zugstangen *f f* mit dem Kolben *G* verbunden ist, so dass ein Kolben nicht ohne den andern bewegt wird. Der Durchmesser des Gegenkolbens ist eben so gross, dass, wenn der Druck auf *G* unterbrochen und dem Wasser oberhalb desselben Abfluss verschafft, unter den Kolben *C* aber Wasser geleitet wird, letzterer sammt dem

Fig. 375.



Presskolben emporsteigt. Der Einfachheit der Construction halber lässt man während des Ganges den Wasserdruck ununterbrochen auf den Kolben *C* wirken, und macht den Kolben *G* so viel grösser im Durchmesser, als dem Querschnitte des erstern entspricht, so dass aus der Differenz beider Kolbenquerschnitte der nutzbare Querschnitt für einen zu erzielenden Druck hervorgeht. Man wird also den Durchmesser von *C* nicht grösser nehmen als zum Anheben der Gewichte von *C* und *G* und zur Ueberwindung der Reibung bei einem gegebenen Wasserdrucke erforderlich ist.

Die Steuerung für die Bewegung der beiden Kolben erfolgt nun in folgender Weise.

Das durch die beiden Druckröhren $t_1\, t_1$ abwechselnd zuströmende Wasser gelangt durch den concentrischen Canal *Z*, Fig. 375 (a. v. S.), nach dem gemeinschaftlichen Druckventile *s*, und von hier aus sowohl ununterbrochen unter den Kolben *C* als auch, sobald *s* geöffnet ist, durch den Canal *d* über den Kolben *G*. Der Canal $d_1$ steht durch das Ventil $s_1$ (Fig. 374 und 375) mit dem Ausflussrohre *v* in Verbindung. Wenn also das Ventil $s_1$ geschlossen, *s* geöffnet ist, und die Pumpen in Bewegung gesetzt werden, so strömt Druckwasser über den Kolben und derselbe fällt; wenn $s_1$ geöffnet, *s* geschlossen ist, und die Pumpen arbeiten, so strömt Druckwasser unter den Gegenkolben *C*, während das über *G* befindliche Wasser abfliessen kann und der Kolben steigt[1]).

Die Bewegung der beiden Steuerungsventile *s* und $s_1$ ist aber des hohen Wasserdrucks halber aus freier Hand nicht möglich, sie sind deshalb durch starke Hebel *i* und *h* und zwei senkrechte Zugstangen (vergl. Fig. 371) mit den Kolbenstangen zweier Hilfsdampfmaschinen *k* und $k_1$ verbunden, deren Bewegung die Bewegung der beiden Stangenventile *s* und $s_1$ bewirkt. Beide Hilfsdampfmaschinen stehen auf dem Hauptdampfcylinder, damit sie aus freier Hand von dem Maschinenführer gesteuert werden können. Zur selbstthätigen Hubbegrenzung beim Niedergange des Kolbens befindet sich jedoch an der Zugstange *f* ein verstellbarer Knaggen, welcher im beabsichtigten niedrigsten Stande des Kolbens Umsteuerung bewirkt.

Da bei dem grossen Durchmesser des Dampfcylinders jeder Hub des Dampfkolbens eine grosse Menge Dampf verbraucht, so ist noch eine Vorrichtung angebracht, um ein Niedergehen des hoch stehenden Presskolbens ohne Mitwirkung des Dampfcylinders zu bewirken, so lange nicht Druck ausgeübt werden soll, also bis zu dem Augenblicke, wo die Bahn des Presskolbens die Oberfläche des Arbeitsstücks berührt. Zu diesem Zwecke enthält der Cylinder *l*, welcher das aus dem Presscylinder abfliessende Wasser aufnimmt, ein Ausflussventil, welches in solcher Weise belastet wird, dass aus dem Cylinder das Wasser in den Press-

---

[1]) Es ist zu beachten, dass die Abbildung Fig. 374 einen Schnitt durch beide Ventile, also nach einer gebrochenen Linie darstellt.

cylinder zurücksteigt, wenn in dem letztern der Gegendruck aufgehoben wird. Oeffnet man also beide Ventile des Presscylinders, während die Pumpen in Ruhe verharren, so wird der Druck unter *C*, welcher die Kolben in der Höhe erhielt, aufgehoben, das Wasser unter *C* kann in den untern Presscylinder gelangen, die Kolben sinken vermöge ihres eigenen Gewichts und durch *v* strömt Wasser über den Kolben *G* nach. Hat nunmehr der Presskolben das Arbeitsstück erreicht, so wird $s_1$ geschlossen und die Pumpen in Thätigkeit versetzt, das in *l* überschüssig angesammelte Wasser fliesst durch das erwähnte Ventil in den daneben stehenden Behälter *m* ab, aus welchem die Druckpumpen wieder ihr Speisewasser entnehmen.

Wenn die auf den Kolben des Dampfcylinders wirksame Dampfspannung und die Durchmesser der einzelnen Cylinder bekannt sind, lässt sich leicht der ausgeübte Totaldruck der Presse ermitteln.

Bei einer in den Schmiedewerkstätten der k. k. Staatsbahn zu Wien befindlichen Presse beträgt z. B.

der Durchmesser des Dampfkolbens 126,4 Cm, also Querschnitt desselben 12 560 Quadratcentimeter;

der Durchmesser der Pumpenkolben 10,5 Cm, also Querschnitt derselben 86,6 Quadratcentimeter;

der Durchmesser des Presskolbens 52,5 Cm, also Querschnitt desselben 2165 Quadratcentimeter;

der Durchmesser des Gegenkolbens 15,7 Cm, also Querschnitt desselben 194 Quadratcentimeter;

daher nutzbarer Querschnitt des Presskolbens 2165 — 194 = 1971 Quadratcentimeter.

Der Dampfdruck im Dampfcylinder beträgt 3 Kilogramm per Quadratcentimeter, mithin der Druck, welcher vom Dampfkolben auf jeden der beiden Pumpenkolben übertragen wird: $12\,560 \times 3 = 37\,680$ Kilogramm. Dieser Druck pflanzt sich von den Pumpenkolben auf den Presskolben fort in dem Verhältnisse der Querschnitte, und es beträgt demnach der von letzterem ausgeübte Druck theoretisch $\frac{37\,680 \times 1971}{86,6}$ $= 857\,580$ Kilogramm.

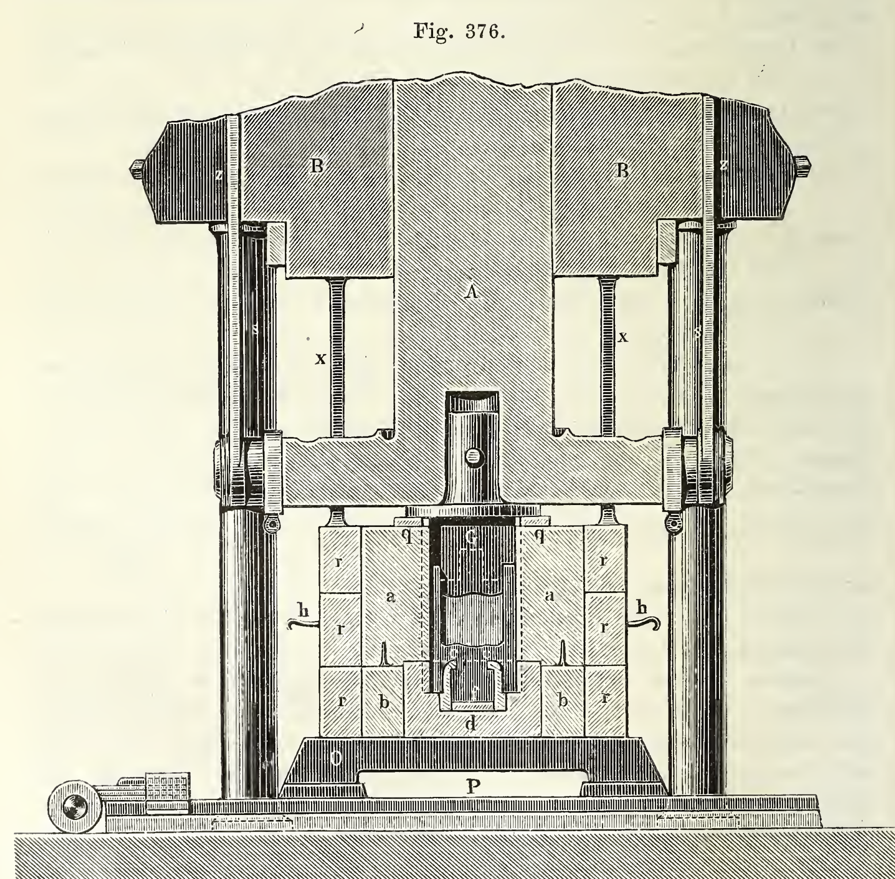
Nimmt man einen Nutzeffect der Maschine von 0,85 an, so beträgt der effective Druck ppr. 700 000 Kilogramm.

Solche Pressen für Herstellung von Maschinentheilen, theils mit ähnlichen, theils mit noch grösseren Abmessungen, durch welche man den Druck bis auf 3 000 000 Kilogramm gesteigert hat, sind auf verschiedenen österreichischen Eisenwerken, in zwei Berliner Fabriken, bei Fr. Krupp in Essen und in mehreren anderen Werkstätten in Thätigkeit.

## Formgebende Ergänzungsstücke und Arbeitsverfahren.

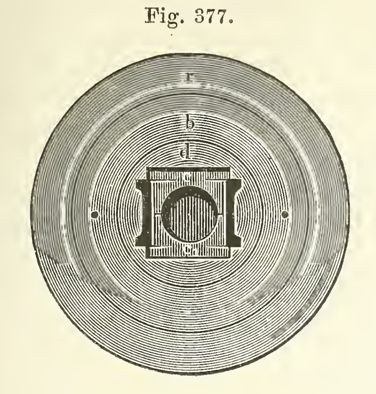
Es wurde schon darauf hingewiesen, dass zur Herstellung bestimmt abgegrenzter Formen mit der Schmiedepresse Gesenke erforderlich sind, ähnlich wie beim Schmieden mit dem Hammer, aber weniger einfach als diese. Man nennt sie auch Matrizen oder Modelle. Dieselben werden aus Gusseisen oder gegossenem Stahle hergestellt, hinreichend stark construirt, damit sie dem ungeheuren Drucke der Presse Widerstand zu leisten vermögen, und zu demselben Zwecke mit umgelegten Schmiedeeisenringen ausgerüstet. Um das Herausnehmen des gepressten Arbeitsstücks möglich zu machen, bestehen diese Gesenke nicht allein aus Ober- und Untertheil, sondern das letztere ist wieder in eine grössere Anzahl einzelner Theile zerlegbar.

Fig. 376.



Die in den obigen Abbildungen Fig. 373 und 374 gezeichneten Einsatzstücke für Presskolben und Ambos sind nur zum Zusammenpressen (Verdichten) roher Luppen oder Packete zu parallelepipedischen Eisenblöcken geeignet. Als Beispiel für die Herstellung weniger einfacher und schärfer begrenzter Formen möge die in Fig. 376 und 377 gegebene Abbildung der Vorrichtung zum Pressen von schmiedeeisernen Kreuzköpfen für Locomotiven dienen. *A* ist der Kolben des hydraulischen Cylinders, *B* der untere Theil des Presscylinders, *zz* die Zugstangen zum Anheben des Kolbens nach beendigtem Drucke, *ss* die schmiedeeisernen Säulen zum Tragen des Presscylinders. Der Oberstempel *G* besteht in seiner obern Hälfte aus Gusseisen, in dem untern Theile aus Gussstahl. Das Untergesenk besteht aus dem obern Theile *a*, auf dem untern Theile *b* ruhend, durch zwei Dübel mit demselben verbunden und vor Verschiebung gesichert. *a* enthält das Profil des obern Kreuzkopftheils, *b* umschliesst zunächst den Fuss *d* des Gesenks, in welchem wieder die zwei Backen *c* und $c_1$ eingesetzt werden, welche später mit dem Kreuzkopfe aus dem Untergesenke herausgezogen und dann seitlich entfernt werden. Die Scheibe *f* bedingt endlich die Höhe des cylindrischen Ansatzes für die Befestigung der Kolbenstange und kann nach Bedürfniss höher oder niedriger genommen werden. *q q* sind zwei Unterlagen, welche den Niedergang des Presskolbens begrenzen und somit die Höhe des Kreuzkopfes bestimmen.

Fig. 377.




Der Stempel *G* passt genau in den obern Theil von *a*, und bildet demnach mit dem Untergesenke zusammen ein sogenanntes geschlossenes Kaliber, zum Entweichen der eingeschlossenen Luft befinden sich jedoch an den Seitenflächen des Stempels vier (in Fig. 376 punktirt gezeichnete) Canäle als Fortsetzungen der vier Führungleisten des Kreuzkopfs. *r r r* sind starke schmiedeeiserne Ringe, welche das ganze Gesenk einfassen und vor Zertrümmerung schützen. Die Theile des Untergesenks bestehen aus Gusseisen.

Das Gesenk wird auf einem Untergestelle *O* zusammengesetzt, welches auf einem Schlitten *P* (oder auch einem Wagen) befestigt ist, und wird mit diesem zwischen den Säulen der Presse hindurch an seine Stelle gebracht. Dann stellt man die Spreizen *x x* auf, welche den Zweck haben, das Gesenk während des Pressens und Herausziehens des Kolbens in seiner Lage festzuhalten, streicht die Innenflächen mit Graphit aus, und nun kann das Pressen beginnen.

Als Rohmaterial für die Verarbeitung dient ein Eisenstück von etwa

360 Mm Länge, 280 Mm Breite, 180 Mm Stärke, seinem Gewichte nach dem Gewichte des Kreuzkopfs entsprechend. Zur Herstellung desselben wird ein Packet unter dem Hammer zu einer „Bramme“ von gleicher Breite und Stärke aber grösserer Länge ausgeschmiedet als das erforderliche Arbeitsstück, und die Eisenstücke in der richtigen Länge davon abgehauen. Dann werden sie im Schweissofen zur Weissgluth erhitzt, mit der Zange in das Gesenk eingesetzt, und nun mit einem einzigen Drucke in die Form des Kreuzkopfs gepresst.

Um nun den fertigen Kreuzkopf aus dem Gesenke herauszunehmen, befestigt man vermittelst der Haken *h h* das Theil *a* des Untergesenks mit zwei Ketten an dem Presskolben, entfernt die Spreizen *X X* und hebt somit, indem man den Kolben emporgehen lässt, das Theil *a* sammt dem Kreuzkopfe und den beiden Backen *c* von dem liegen bleibenden Theile *b* und *d* ab. Die Backen werden durch schwache Hammerschläge seitlich entfernt, *b* und *d* mit dem Schlitten fortgezogen. Der Kolben wird nun, nachdem die Ketten entfernt sind, aus dem Kreuzkopfe und Gesenktheile *a* herausgezogen, dann, nachdem das Theil *a* unterstützt ist, der Kreuzkopf mit Hülfe von zwischengelegten Schienen durch einen schwachen Druck des Kolbens nach unten herausgedrückt.

Man stellt in zehn Stunden 25 bis 30 Stück solcher Kreuzköpfe dar und gebraucht dazu zwei Schweissöfen, den einen für die Packete, den andern für das eigentliche Materialeisen.

Wie man mit der Haswell'schen Schmiedepresse durch einen einzigen, kräftigen Druck das durch starke Erhitzung völlig plastisch gewordene Metall in eine völlig neue Form überführt, so ist auch der Fall nicht selten, dass plattenförmige Metallstücke im kalten oder weniger hoch erhitzten Zustande mit Hülfe ähnlicher Pressen in Hohlkörper umgewandelt werden, wobei die Vorgänge, welche die Formveränderung begleiten, ganz ähnliche sind als beim Treiben und Auftiefen. Wenn z. B. die kreisrunde Platte Fig. 378 durch Pressen mit entsprechend geformtem Stempel und Matrize in den Hohlkörper Fig. 379 umgewandelt werden soll, so muss der Rand beim Aufbiegen eine Stauchung erfahren, dicker werden. Es muss deshalb das Maass der

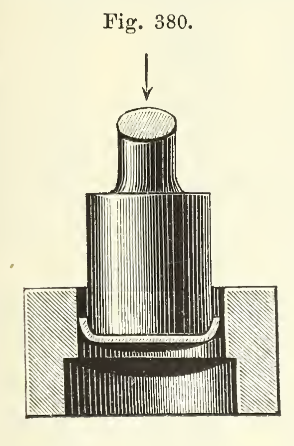
Fig. 378.

Fig. 379.

jedesmaligen Formveränderung abhängig sein von der Dehnbarkeit des verarbeiteten Metalls, und wenn die Formveränderung eine beträchtliche, also der Durchmesser des Hohlkörpers gering im Verhältnisse zu dem Durchmesser der ursprünglichen Platte sein soll, so sind oft vier bis sechs auf einander folgende Pressungen mit immer kleiner im Durchmesser werdenden Gesenken erforderlich, um die endliche Form zu erlangen, ohne eine Faltenbildung im Rande eintreten zu lassen. Das Untergesenk (die Matrize) ist für solche Zwecke nicht voll, sondern ringförmig gestaltet, wie es die Skizze Fig. 380 veranschaulicht, und das Arbeitsstück wird völlig durch dasselbe hindurchgedrückt.

Anders ist der Vorgang, wenn der äusserste Rand des Arbeitsstücks auf dem obern Rande der Matrize durch einen aufgeschraubten Stahlring festgespannt wird und der dünnere Kolben nun in der Art, wie man ein über einen Ring gespanntes weiches Leder in denselben hineindrücken könnte, das Metall auf eine gewisse Länge in die Matrize hineintreibt. Eine Verringerung des Durchmessers kann dann nicht eintreten, und statt der Stauchung des Randes findet eine nach dem Boden des entstehenden Gefässes fortschreitende Querschnittsverdünnung statt.

Fig. 380.



Beide Verfahrungsweisen finden nicht seltene Anwendung zur fabrikmässigen Anfertigung von Hohlgefässen in Eisen, Kupfer, Messing, Neusilber und anderen Metallen; von kupfernen Röhren ohne Löthnaht (welche nach dem Pressen auf dem Ziehwerke gestreckt werden), Flaschenkapseln aus Zinn, Zündhütchen und manchen anderen Gegenständen, und werden bei Besprechung derjenigen Arbeiten, welche zur Vollendung der Form dienen, wie in der speciellen Technologie noch öftere Erwähnung finden.

---

## Literatur über Pressen.

Fr. Kupelwieser, Die Pressen in ihrer Anwendung bei Verarbeitung des Eisens, Jahrbuch der k. k. Bergakademien zu Leoben, Schemnitz und Pribram, Bd. 15, S. 166 ff.; enthält eine Beschreibung der wichtigsten Systeme grösserer, durch Elementarkraft betriebener Pressen.

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1863, S. 287 (Beschreibung der Haswell'schen Schmiedepresse).

R. L. Haswell, Fabrikation von Locomotivbestandtheilen durch Pressen, System Haswell. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins, Jahrgang 1872, S. 329 (auch als Separatabdruck erschienen). Diese Abhandlung enthält eine durch Abbildungen erläuterte Beschreibung der Gesenke und Stempel, des Arbeitsverfahrens, und Angabe der Selbstkosten für zahlreiche beim Locomotivbau gebrauchte, durch Pressen darstellbare Maschinentheile.

Dingler's polytechnisches Journal Bd. 178, S. 430: Wilson's hydraulische Presshämmer.

---

## C. Walzwerke.

Man nennt Walzwerk im Allgemeinen jeden Apparat, bei welchem das Arbeitsstück zwischen zwei parallelen, sich in entgegengesetzter Richtung drehenden Walzen hindurchgeführt und dabei in Folge des Umstandes, dass die Entfernung zwischen beiden Walzen kleiner ist als die betreffende Querschnittsabmessung des Arbeitsstücks, entsprechend verdünnt und in seiner Länge ausgedehnt — gestreckt — wird.

Das Hindurchgehen des Arbeitsstücks zwischen den Walzen erfolgt in Folge der Reibung zwischen den sich berührenden Oberflächen beider Theile, die Querschnittsverdünnung theils in Folge des Drucks der Walzen, theils in Folge des Zuges, mit welchem die sich fortbewegenden Walzenflächen den zwischen ihnen befindlichen zusammengepressten Theil des Arbeitsstücks von dem dickern, noch vor den Walzen befindlichen Theile zu trennen bestrebt sind.

In Folge dieses letztern auf das Metall ausgeübten Zuges wird die bedeutendste Streckung stets nach der Bewegungsrichtung der Walzen und des Arbeitsstücks hin stattfinden, auch wenn eine hinreichende Gelegenheit zur seitlichen Ausbreitung (in der Richtung der Walzenachse) gegeben ist. Erfahrungsgemäss ist die Ausbreitung bei harten Metallen grösser (und die Streckung in die Länge geringer) als bei weichen; bei Stahl ist die Ausbreitung grösser als bei Schmiedeeisen; bei schwach erhitztem Eisen grösser als bei stark erhitztem. Dagegen ist die Streckung grösser und die Ausbreitung geringer bei Walzen mit kleinerm als mit grösserm Durchmesser, wenn ihre Umfangsgeschwindigkeit gleich ist.

Ueber die Vorgänge beim Walzen sind eine Anzahl Theorien aufgestellt worden, ohne dass der Gegenstand bis jetzt völlig erschöpfend behandelt worden wäre. Insbesondere scheint der Umstand bisher wenig Beachtung gefunden zu haben, dass beim Walzen hoch erhitzter Metalle eine rasche Abkühlung an den von den Walzen berührten Aussenflächen stattfindet, während die inneren Theile noch heiss bleiben. Die-

ser Umstand dürfte aber zum Theile die an und für sich auffällige Thatsache erklären, dass die Randflächen heiss gewalzter Metalle, des Eisens, Kupfers u. a., convexe Form, die Randflächen kalt gewalzter, des Bleies, Zinns u. a., concave Form zeigen. Ebenso wenig ist meines Wissens die soeben erwähnte Thatsache der grössern Ausbreitung härterer Metalle bislang einer genügenden Erklärung unterzogen worden.

Von der allgemeinen Einrichtung eines Walzwerks kann zunächst die Abbildung Fig. 381 einen Begriff geben. *d* ist hier die Antriebswelle mit dem Schwungrade; *e c'* ist eine Klauenkuppelung zum Ein- und Ausrücken, *F F* sind zwei Getriebe oder Kammwalzen (Krauseln), mit Zapfen in den Getriebeständern *g g* gelagert, deren unteres durch eine Kupplungsmuffe mit der Welle *d* verbunden ist, und die Bewegung durch das obere Getriebe auch auf die obere Walzwerkswelle überträgt. Diese Uebertragung erfolgt durch die zwei Spindeln *r r'*, welche durch die übergeschobenen Kupplungsmuffen *m m* mit den Zapfen der Getriebe einerseits und den Zapfen der Walzen *B B'* andererseits verbunden sind. *a a* sind die Walzenständer, in welchen die Zapfen der Walzen gelagert sind; zwei zusammengehörige Walzenständer sind durch horizontale Schraubenbolzen mit einander verbunden und bilden gemeinschaftlich ein Walzgerüst. In derselben Weise, wie die Bewegung von den Getrieben nach dem ersten Walzgerüste fortgepflanzt wird, lässt sich dieselbe von diesem auch nach einem zweiten und dritten Walzgerüste übertragen, seltener ist die in der Abbildung gezeichnete Einrichtung, bei welcher zunächst nur die Bewegung der untern Walze durch die Spindel *d''* mit der Muffe *p* und *q* auf die Walze *A* und erst jenseits durch ein zweites Paar Getriebe *c* und *c'* auf die Oberwalze fortgepflanzt wird.

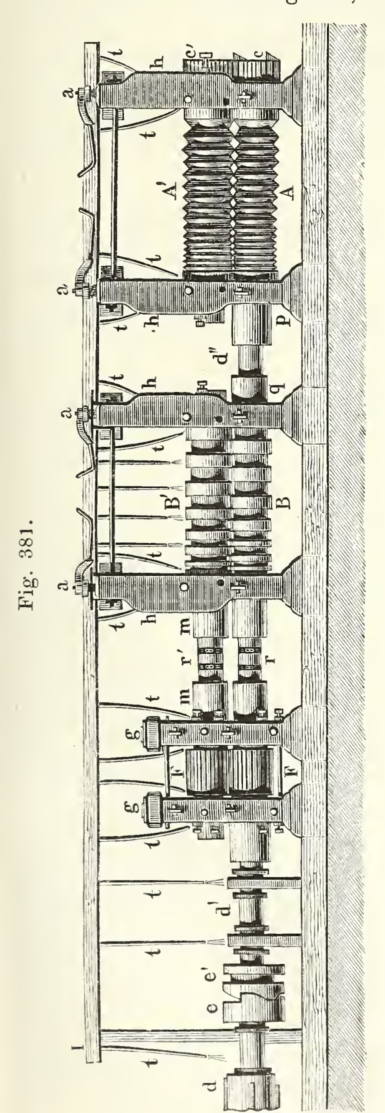


Fig. 381.

*I* ist eine Wasserrinne und *t* sind Wasserrohre zur Zuleitung von Kühl-

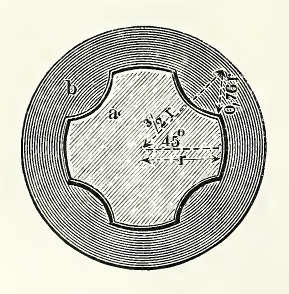
wasser auf die umlaufenden Walzen. Das ganze Walzwerk steht auf gusseisernen Sohlplatten, welche durch starke Ankerschrauben auf einem Fundamente aus Holz oder Stein festgehalten werden.

Nach der Art des Fabrikats unterscheidet man eine Anzahl verschiedener Gattungen von Walzwerken. Zunächst trennt man Blechwalzwerke (für Eisen und Stahl, Kupfer, Messing, Neusilber, Gold, Silber, Zink, Zinn, Blei) von den Walzwerken für stabförmige Körper mit bestimmtem Querschnittsprofile. Letztere Walzwerke dienen vorzugsweise zur Verarbeitung des Eisens und Stahls, und sondern sich nach der Grösse der herzustellenden Querschnitte in Grobeisen- und Feineisenwalzwerke mit einer Zwischenstufe, welche man Mittelstrecken nennt [1]), ferner hat man für ganz bestimmte Zwecke: Schienenwalzwerke, Façoneisenwalzwerke u. s. f. In den einzelnen Constructionstheilen zeigen die Walzwerke diesen verschiedenen Zwecken entsprechend mehrfache Abweichungen.

Es sollen demnach in Folgendem zunächst diese einzelnen Theile des Walzwerks in ihren abweichenden Formen besprochen und daran eine Beschreibung solcher Walzwerksconstructionen gereiht werden, welche auch in ihrer ganzen Einrichtung bemerkenswerthe Abweichungen von der oben (Fig. 381) abgebildeten einfachsten Construction eines Walzwerks zeigen.

Die Walzen. Dieselben sind aus Gusseisen, für sehr genaue Arbeit aus Gussstahl gefertigt (z. B. bei den Walzwerken der Münzwerkstätten zum Auswalzen der Metallplatten). Den mittlern Haupttheil der Walze nennt man Walzenbund, an diesen schliessen sich an jeder Seite die schwächern, cylindrisch gedrehten Laufzapfen, welche in den Lagern der Walzenständer sich drehen; und diese finden ihre Fortsetzung in den Kupplungszapfen, welche mit den Kupplungsspindeln durch die Muffe verbunden werden (vergl. u. a. unten Fig. 394). Damit nicht die Kupplungszapfen in den Muffen sich drehen können, muss der Querschnitt beider entsprechend profilirt sein; gewöhnlich wählt man die in Fig. 382 skizzirte Form, wobei $a$ den Kupplungszapfen, $b$ die Muffe vorstellt.

Fig. 382.

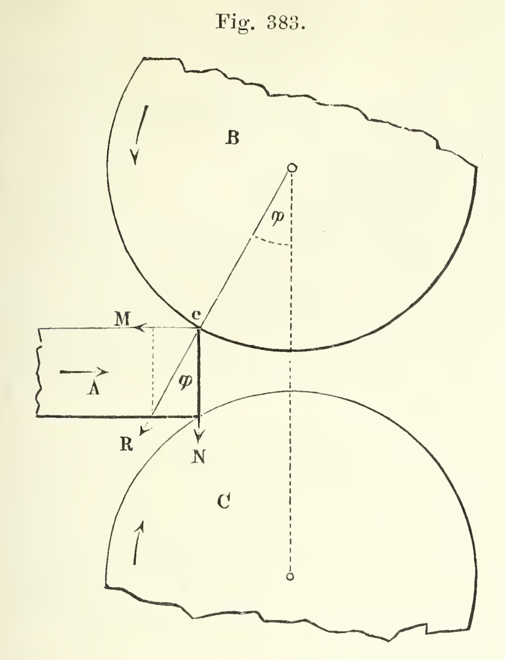



Der Durchmesser der Walze (des Bundes) muss von der Stärke des zwischen beiden Walzen hindurchzuführenden Arbeitsstücks abhängig sein. Ist der Durchmesser zu klein, so gleitet die Walze, ohne das Arbeitsstück zu er-

[1]) Die Grenzen für diese Benennungen sind nicht immer dieselben; als durchschnittlichen kleinsten Querschnitt der in Grobstrecken gefertigten Stäbe kann man 7 Quadratcentimeter rechnen.

fassen. Es lässt sich dieser Vorgang durch die Skizze Fig. 383 veranschaulichen. Das Arbeitsstück $A$ muss, um zwischen den beiden Walzen $B$ und $C$ hindurchzugehen, auf den Abstand zwischen den beiden Walzenflächen zusammengedrückt werden, zu welchem Zwecke diese letzteren mit einer entsprechend grossen Kraft gegen einander gepresst werden müssen. In dem Berührungspunkte $c$ des noch nicht erfassten Arbeitsstücks mit der Walze $B$ zerlegt sich nun die radiale Druckkraft $R$ in die Kräfte

Fig. 383.




$$N = R \cos \varphi \text{ und}$$
$$M = R \sin \varphi.$$

Wenn $f$ der Reibungscoefficient ist, muss, damit kein Zurückstossen des Arbeitsstücks oder Gleiten der Walzen stattfindet,

$$Nf > M, \text{ also}$$

$$f R \cos \varphi > R \sin \varphi$$
$$f > tg\ \varphi$$

sein; oder mit anderen Worten, es muss der Centriwinkel $\varphi$ kleiner als der Reibungswinkel sein. $\varphi$ wächst aber mit abnehmendem Durchmesser der Walzen, so lange das Arbeitsstück gleiche Stärke behält, und es wird demnach ein Punkt eintreten, wo es nicht mehr möglich ist, das Arbeitsstück $A$ zwischen den Walzen hindurchzubringen [1]).

Erfahrungsgemäss darf beim Walzen von Eisen der Querschnitt des Arbeitsstücks höchstens auf die Hälfte vermindert werden, und seine Höhenabmessung vor dem Durchgange nicht mehr als $^1/_{10}$, nach dem Durchgange nicht mehr als $^1/_{20}$ des Walzendurchmessers betragen. Dem grössern Walzendurchmesser pflegt auch eine grössere Länge des Walzenbundes zu entsprechen, weil mit dem zunehmenden Durchmesser die Gefahr für den Bruch sich verringert.

Demnach finden wir bei den kleinsten Walzwerken, wie sie die Goldarbeiter zum Walzen ihrer feinen Bleche gebrauchen, Walzendurchmesser von 40 bis 50 Mm. bei einer Länge von etwa 75 Mm., bei den Feineisenwalzwerken Durchmesser von 150 bis 270 Mm. bei Längen von

[1]) Vergl. Hoyer, Mechanische Technologie, S. 174.

300 bis 800 Mm.; bei Grobeisen- und gewöhnlichen Blechwalzwerken steigt der Durchmesser bis zu 500 Mm. und die Bundlänge bis 1 Meter, bei den grössten Blechwalzwerken für Panzerplatten hat man endlich Walzen mit 800 Mm. Durchmesser und bis zu 3 Meter Bundlänge.

Die Anzahl der Umdrehungen per Minute beträgt bei den kleinsten Feinwalzen (Schnellwalzen) bis zu 500, bei Grobeisenwalzen bis 80, bei schweren Blechwalzen 30 bis 60, woraus eine Umfangsgeschwindigkeit von 1,5 bis 4 Meter per Secunde sich ergiebt.

Wenn zwischen den Walzen stabförmige Körper mit bestimmt begrenzten Querschnitten hergestellt werden sollen, so muss die Oberfläche der Walzen diesen Querschnitten entsprechend mit herumlaufenden Profilbegrenzungen versehen sein, welche man als Gesenke ohne Ende betrachten kann und Kaliber nennt (vergl. Fig. 388). Es folgt hieraus von selbst, dass nur die Ober- und Unterwalze zusammen das volle Kaliber bilden können, wie beim Schmieden und Pressen die Form durch Ober- und Untergesenk hergestellt wird.

Nur solche Erzeugnisse der Walzarbeit gestatten die Anwendung von Walzen ohne Kaliber, bei welchen es allein auf genaue Innehaltung einer einzigen Querschnittsmessung ankommt — also die Bleche —, oder solche Arbeitsstücke, welche schon vorher in Kaliberwalzen ihre Gestaltung erhalten hatten, und nur noch eine letzte Vollendung der Oberfläche durch das Hindurchgehen durch ein Paar harte, glatte Walzen (Hart- oder Polirwalzen) empfangen sollen (sogenanntes Bandeisen).

In Rücksicht auf die Durchbiegung langer Blechwalzen bei dem auf das hindurchgehende Arbeitsstück ausgeübten Drucke fertigt man dieselben jedoch nicht genau cylindrisch, sondern verstärkt sie ein wenig nach der Mitte zu.

Je zwei Kaliber sind durch einen dazwischen liegenden „Ring“ oder „Rand“ getrennt. Man macht die Ringe gewöhnlich 10 bis 25 Mm. breit. Je schmaler sie sind, desto leichter brechen sie an den Kanten aus, eine übermässige Breite nimmt dagegen einen unnöthigen Raum weg und verringert die Anzahl der Kaliber auf einer vorhandenen Länge der Walze.

Wenn nun jede der beiden Walzen die Hälfte des Kalibers als furchenartigen Einschnitt enthält und die dazwischen liegenden Ringe auf einander laufen, so nennt man die Kaliber offene (wie bei den Walzen $A A'$ in Fig. 381); wenn dagegen das Kaliber vorwiegend in einer Walze angebracht ist und die zweite (gewöhnlich die Oberwalze) mit einem entsprechend profilirten Rande in das Kaliber eingreift, um es zu schliessen, so nennt man solche Kaliber geschlossene (vergl. die Walzen $B B'$ in Fig. 381). In diesem Falle laufen die Ringe der Unterwalze in Furchen der Oberwalze.

Um in Kaliberwalzen aus einem Rohproducte ein fertiges, bestimmt profilirtes Fabrikat herzustellen, muss dasselbe mehrere verschiedene Kaliber in bestimmter Reihenfolge passiren, welche lauter allmälige

Uebergangsformen von dem ersten rohen bis zu dem vollendeten Querschnitte darstellen und demgemäss eine stete Querschnittsverringerung aufweisen. Die Differenz zwischen der Grösse zweier auf einander folgender Kaliberquerschnitte nennt man Abnahme oder Druck des Kalibers.

Nur in einzelnen Fällen und bei Anwendung geschlossener Kaliber ist es möglich, durch allmälige Näherung der beiden Walzen eine Querschnittsverkleinerung bei einem und demselben Kaliber herbeizuführen, also mit weniger Kalibern die fertige Form herzustellen.

Eine jede kalibrirte Walze enthält demnach eine grössere Anzahl verschiedener Kaliber; da jedoch die ersten Stadien der Umformung eines rohen Metallstücks auch für verschiedene Querschnittsformen des Endproducts häufig in ganz gleichen Kalibern erfolgen können, so unterscheidet man Vorwalzen, welche jene ersten für verschiedene Endformen dienende Kaliber enthalten, und Fertigwalzen, deren Kaliber nur für einen einzigen ganz bestimmten Querschnitt dienen können.

Die Construction der Walzenkaliber ist eine um so wichtigere Aufgabe und bedarf um so mehr Uebung und Erfahrung, als dabei nicht allein die Form des Fertigprofils zu berücksichtigen ist, sondern auch die specifischen Eigenschaften der zu verarbeitenden Eisen- und Metallsorten (insbesondere Dehnbarkeit und Härte). Dieses abweichende Verhalten beim Walzen lässt für gleiche Endformen, aber verschiedene Eisensorten, oft die Anwendung erheblich abweichender Vor- und Zwischenkaliber zweckmässig erscheinen, denn wenn es einestheils wünschenswerth ist, in möglichst wenigen Kalibern den Walzprocess durchzuführen, den Druck also möglichst gross zu nehmen, so muss doch diese Abnahme stets in directem Verhältnisse zur Dehnbarkeit und in indirectem Verhältnisse zur Härte stehen. So z. B. wird man bei Anfertigung von Eisenbahnschienen eine abweichende Kalibrirung der Walzen anwenden müssen, je nachdem die Schienen aus Stahl, aus Feinkorneisen oder aus zwei zusammengeschweissten Eisensorten (sehniger Fuss und Feinkorn- oder Stahlkopf) dargestellt werden sollen.

Theoretische Berechnungen helfen hierbei weniger als praktische Erfahrung. Von vornherein muss bei der Construction der Kaliber darauf Bedacht genommen werden, dass eine Verkleinerung der Querschnittsabmessungen nur durch den von den Walzen gegen das Arbeitsstück ausgeübten Druck, also bei Walzwerken mit horizontalen Walzen nur in senkrechter Linie bewirkt werden kann, während die wagerechte Abmessung gleichbleibt oder meistens eine geringe Ausbreitung erfährt, um das Einstecken zu erleichtern. Es darf also das einzuführende Arbeitsstück in seiner Breitenabmessung niemals grösser sein als das Kaliber selbst, es würde unmöglich sein, dasselbe in das Kaliber zu bringen. Die Kaliber und demnach auch das Arbeitsstück würden demnach immer breiter und breiter werden müssen, wenn letzteres stets in derselben Lage die Kaliber passirt. Wenn demnach symmetrische

Querschnitte mit gleichen Längen- und Breitenabmessungen auf geometrisch ähnliche kleinere Querschnitte verdünnt werden sollen, so kann dieses nur geschehen, indem man oblonge Kaliber anwendet, jedem folgenden Kaliber die Höhe des vorausgegangenen zur Breite giebt, die Höhenabmessung aber verringert und den Stab nach jedem Durchgange um 90 Grad dreht; bei weniger regelmässigen Querschnittsformen aber, welche diese stete Drehung nicht gestatten, schaltet man ab und an zwischen jenen eine Verbreiterung bewirkenden Streckkalibern sogenannte Stauchkaliber ein, in denen nach der einmaligen Drehung um 90 Grad nun eine Verringerung der übermässig ausgedehnten Breite stattfindet.

Je weniger Gelegenheit nun dem Walzstücke zur Ausbreitung gegeben ist, während durch den senkrechten Walzendruck seine Höhenabmessung verkleinert wird, je enger mit anderen Worten das Kabliber ist, desto grösser fällt der Seitendruck aus, welcher zwischen den Seitenwänden des Kalibers und dem Arbeitsstücke in Folge der verhinderten Ausbreitung erzeugt wird, desto schärfer wird zwar das Profil des Arbeitsstücks an den Seitenflächen ausgebildet werden, desto mehr wird aber auch das Walzen erschwert werden, und desto leichter werden sich an den Theilungsstellen zwischen Ober- und Unterwalze, die niemals vollkommen auf einander schliessen dürfen, sogenannte Bärte, Nähte oder Grate durch das Herausdrücken des weichen Metalls bilden, welche sich oft nur schwierig und unvollkommen entfernen lassen.

Es folgt hieraus zugleich, dass wenn der Durchmesser und die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen gegeben ist, das durch den Höhendruck bewirkte Strecken um so mehr beschleunigt werden kann, je weniger das Kaliber zur Entstehung von Seitendruck Veranlassung giebt. Auf dieser Thatsache beruht die Einschaltung von sogenannten Ovalkalibern ⬭ mit starkem Höhendrucke und fast unbegrenzter Ausbreitung für solche Zwecke, wo eine rasche Streckung Haupterforderniss ist, also bei Vorwalzen und insbesondere bei Herstellung sehr dünner Eisenstäbe, welche rasch abkühlen.

Eine horizontale Linie, durch die Mitte der Kaliber gelegt, nennt man die Walzlinie. Wollte man diese Walzlinie genau in die Mitte zwischen die Achsen der Ober- und Unterwalze legen, so würden beide Walzen gleiche Durchmesser erhalten und der Kaliberquerschnitt gleichmässig auf Ober- und Unterwalze vertheilt werden. Es würde aber auch das Arbeitsstück bei dem Austreten aus dem Kaliber eine gleich grosse Neigung besitzen, sich um die Ober- wie Unterwalze herumzulegen, und dieser Neigung ohne Regel Folge geben, je nachdem die eine oder die andere der Walzen die grösssere Veranlassung durch Reibung etc. dazu giebt; man müsste dieses Umbiegen, beziehentlich Umwickeln des Walzstücks, welches nicht allein dasselbe verderben, sondern auch zu Walzenbrüchen leicht Veranlassung geben würde, durch geeignete Vorrichtungen an beiden

Walzen verhindern. Zur Beschränkung dieser Vorkehrungen (von denen unten die Rede sein wird) auf die Unterwalze, wo sie am wenigsten im Wege sind, legt man die Walzlinie etwas tiefer, als die Mittellinie der beiden Walzen; dadurch wird der Durchmesser der den Höhendruck ausübenden Kaliberfläche der Oberwalze etwas grösser als der der Unterwalze, die Umfangsgeschwindigkeit und demnach auch die Streckung in der obern Kaliberhälfte etwas beträchtlicher als in der untern, und in Folge hiervon auch das Bestreben des austretenden Walzstücks grösser, sich nach unten als nach oben zu biegen. Man nennt diese stärkere Streckung durch die Kaliberfläche der Oberwalze „Oberdruck".

Aus demselben Grunde giebt man gewöhnlich bei glatten Walzen (Blechwalzen) der Oberwalze einen etwas grössern Durchmesser als der Unterwalze. Die Differenz der Walzendurchmesser bei diesen wie bei Kaliberwalzen mit getheilten offenen Kalibern beträgt $1^1/_2$ bis 3 Mm. bei flachen geschlossenen Kalibern pflegt der Durchmesser der wirksamen Kaliberflächen um 2 bis 8 Mm. abzuweichen, bei weniger einfachen Formen erscheint oft mehr als $^2/_3$ der Kaliberhöhe unter der Mittellinie und bei grossen Stauchkalibern steigt die Differenz der Kaliberflächendurchmesser bis auf 25 Mm. und darüber.

Für die ersten Kaliber der Vorwalzen wendet man naturgemäss möglichst einfache Querschnitte an und entwickelt aus diesen allmälig die verlangten Formen. Wenn mit der ersten Formgebung in diesen Kalibern zugleich eine Schweissung von Packeten verbunden ist, wählt man gern, wo es die spätere Form des Arbeitsstücks zulässt, diagonal stehende Kaliber, von flachen Kreisbogen begrenzt, und nennt dieselben Spitzbogenkaliber; für die Fertigwalzen hat man dem Querschnitte des Fabrikats entsprechend Flacheisenkaliber (mit rechteckigem Querschnitte), Quadrateisenkaliber, Polygonkaliber, Rundeisenkaliber und Façoneisenkaliber der mannigfachsten Art.

Bei Construction des Fertigkalibers muss den Abmessungen des Querschnitts so viel zugegeben werden, als die Zusammenziehung des heiss gewalzten Eisens, Stahls oder Metalls überhaupt beträgt. Diese Differenz nennt man das Schwind- oder Schrumpfmaass. Dasselbe ist nicht nur von den Eigenthümlichkeiten des verarbeiteten Metalls, sondern auch von der Temperatur abhängig, mit welcher dasselbe die Walzen verlässt, und beträgt beim Eisen gewöhnlich $^1/_{50}$ bis $^1/_{64}$ der linearen Abmessungen.

Hinsichtlich des Abnahmeverhältnisses der Kaliber ist durch Erfahrung festgestellt, dass

kaltbrüchiges (phosphorhaltiges) Eisen die stärkste Abnahme verträgt;

gutes sehniges oder körniges Eisen, auch weicher Stahl, ein mittleres Abnahmeverhältniss verlangen;

rothbrüchiges (schwefelhaltiges) Eisen sich, sobald es bis zur Roth-

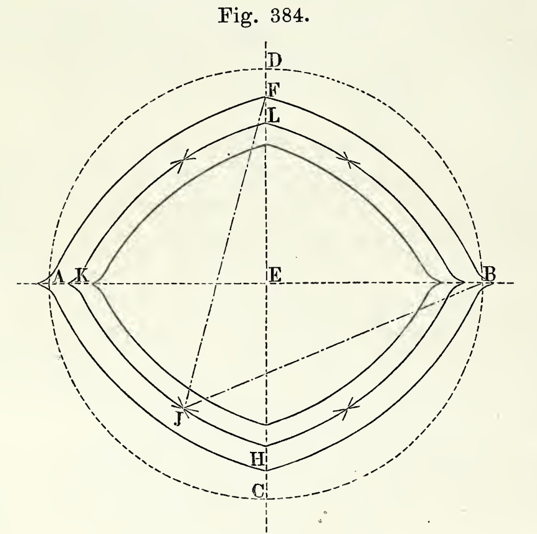
gluth abgekühlt ist, nur in Kalibern mit geringem Abnahmeverhältnisse auswalzen lässt; und

harter Stahl die geringste Abnahme verträgt.

Bei den Vorwalzen mit Spitzbogenkalibern pflegt die Abnahme der linearen Höhenabmessung $^1/_8$ bis $^1/_{15}$ zu betragen, wobei in Folge des erwähnten Umstandes, dass eine Drehung des Arbeitsstücks um 90 Grad nach jedem Durchgange stattfindet, die thatsächliche Verkleinerung der betreffenden Abmessung des Arbeitsstücks das Doppelte beträgt; bei flachen Kalibern, bei deren Anwendung jene Drehung nicht stattfindet, wohl aber eine jedesmalige Ausbreitung, beträgt die Abnahme $^1/_4$ bis $^1/_3$. In Rücksicht auf die Abkühlung des Arbeitsstücks bei fortgesetztem Walzen muss die Abnahme um so geringer werden, je weiter die Vollendung vorrückt.

Zur Construction eines Spitzbogenkalibers kann man z. B. nach Daelen in folgender Weise verfahren. Es sei in Fig. 384 $AB$ oder $CD$ die Diagonale des zu walzenden, vierkantigen, rohen Metallblocks (beziehentlich Packets); $^1/_8$ das Abnahmeverhältniss; man mache also $EF = {}^7/_8\, AE$, beschreibe mit dem Radius $FJ = {}^3/_4\, AB$, die Kreisbogen $AF$, $FB$, $BH$, $AH$ und runde bei $A$ und $B$ die scharfen Ecken mit einer schwachen Erweiterung ab, um eine geringe Ausbreitung zu ermöglichen und die Walzen vor Rissen zu schützen. Die Erweiterung beträgt $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ des Halbmessers. Für das zweite Kaliber nimmt man $EK = EF$, $EL = {}^7/_8\, EK$ und verfährt wie bei dem ersten u. s. w.

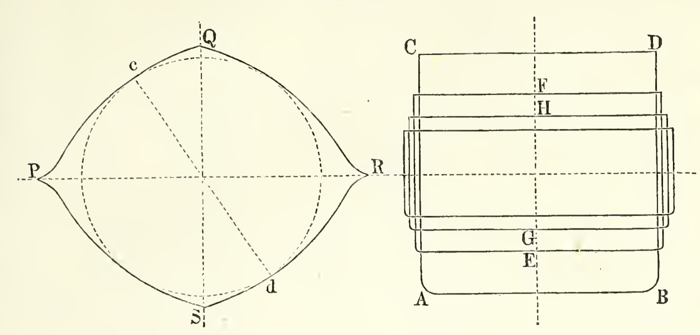
Fig. 384.




Um die aus den Spitzbogenkalibern hervorgehenden Stäbe in geschlossenen Kalibern zu Flachstäben auszuwalzen, kann die Kalibrirung, wie in Fig. 385 veranschaulicht, ausgeführt werden. $PQRS$ ist das letzte Spitzbogenkaliber, $c\,d$ der Durchmesser des in dasselbe eingeschriebenen Kreises. Man macht $CD = cd = AC$; $EF = \varphi AC$; $GH = \psi EF$, worin $\varphi = {}^2/_3$ bis ${}^3/_4$, $\psi = {}^3/_4$ bis ${}^7/_8$; jedes folgende Kaliber um ca. 2 Mm. breiter als das vorausgegangene. Unter Umständen kann auch das grosse Kaliber $ABCD$ ganz wegfallen und man aus dem Spitzbogenkaliber sofort in das Kaliber $EF$ übergehen.

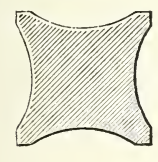
Quadratstäbe kann man diagonal stehend in offenen Kalibern walzen, und zwar zunächst in Spitzbogenkalibern und erst zur Vollendung in 2 bis 4 Quadratkalibern. Da die Kanten des Stabes rascher erkalten

Fig. 385.




als die Seitenflächen und demnach weniger schwinden, würde ein Stab in einem vollständig quadratischen Fertigkaliber ausgewalzt nach dem Erkalten eine Querschnittsform, wie in Fig. 386 zeigen. Erfahrungsgemäss lässt sich nun dieser Uebelstand vermeiden, wenn man auch in dem Vollendkaliber den Querschnitt schwach rhombisch construirt, den obern und untern Winkel etwas grösser, die beiden Seitenwinkel etwas kleiner, als 90 Grad nimmt. Die Grösse des obern und untern Winkels pflegt demnach 92 bis $92^1/_2$ Grad zu betragen, woraus sich die Grösse der Seitenwinkel von selbst ergiebt. Der Stab muss in diesem Falle das letzte Kaliber zwei Mal passiren und wird dabei um 90 Grad gedreht. Oder man vermeidet das Zusammenziehen der flachen Seiten, indem man im letztern Kaliber die vier Eckwinkel zwar gleich 90 Grad macht, den Seitenlinien des Quadrats aber eine geringe Ausbauchung giebt, welche beim Schwinden in die gerade Linie übergeht.

Fig. 386.



Rundstäbe erhalten gewöhnlich in Spitzbogen- oder Ovalkalibern der Vorwalzen ihre Streckung und erst ihre Vollendung in einem oder einigen Rundkalibern der Fertigwalzen. Diese Rundkaliber sind offene Kaliber, niemals vollständig kreisrund, sondern in Rücksicht auf die Ausbreitung etwas breiter als hoch. Sind hierbei die Kaliberhälften gar zu flach und nähern sich der elliptischen Form, so entsteht statt eines Rundstabes ein Polygon mit abgerundeten Ecken; sind sie annähernd halbkreisförmig, so entsteht ein zu grosser Seitendruck und es bilden sich Nähte, die in dem folgenden Kaliber nach dem Drehen des Stabes um 90 Grade leicht zur Entstehung von Längsrissen Veranlassung geben. Folgende Construction von Rundkalibern wird als zweckmässig empfohlen (Fig. 387 a. f. S.):

*CD* und *NO* sind Viertelkreisbogen, deren Durchmesser *CO* gleich dem Durchmesser des herzustellenden Rundeisens plus dem Schwindmaasse ist. Mit der Seite *CD* des eingeschriebenen Quadrats beschreibt man von den Ecken *C*, *D*, *N*, *O* aus Bogen, und in den Durchschnittspunkten *L* etc. derselben mit den Durchmessern *CO* und *DN* liegen nun die Mittelpunkte für die Kreisbogen *CI*, *DK*, *IN* und *KO*, welche die Verbreiterung der Kaliber bilden. Die Ecken der halben Kaliber werden abgerundet, und das folgende Kaliber in ganz gleicher Weise construirt. Durch das Schlusskaliber wird der Rundstab mehrere Male unter steter Drehung um 90 Grad hindurchgeführt.

Fig. 387.

Kaliber für sogenanntes Façoneisen, unter welchem Ausdrucke wir alle solche Eisensorten verstehen, deren Querschnitte weder ein Rechteck oder Quadrat, noch ein Polygon oder einen Kreis vorstellen, sind um so schwieriger herzustellen, je weniger einfach der Querschnitt des Fertigfabrikats ist. In fast allen Fällen müssen die Kaliber der Vorwalzen zu den verschiedenen Façoneisensorten von einem annähernd quadratischen Querschnitte ausgehen, der also während des Walzens um so grössere Veränderungen erfahren muss, je weiter sich die Form des fertigen Querschnitts von der quadratischen Form entfernt. Wenn es für einzelne Querschnitte erforderlich ist, tief eingeschnittene Kaliber anzuwenden, so erhöht sich die Schwierigkeit der Anfertigung in Folge des Umstandes, dass die Umfangsgeschwindigkeit an den verschieden tief eingeschnittenen Stellen des Kalibers verschieden gross ist, also eine ungleiche Streckung an den verschiedenen Stellen erfolgt und dadurch Spannung in dem fertigen Eisenstabe hervorgerufen wird. Da ferner die Querschnittstheile eines Eisenstabes um so rascher abkühlen, je schwächer sie sind, und da sie um so weniger gestreckt werden, je weiter die Abkühlung vorschreitet, so würde bei Profilen, welche an verschiedenen Stellen erhebliche Abweichungen in den Querschnittsverhältnissen zeigen, leicht eine ungleiche Streckung oder gar ein Zerreissen des früher erkaltenden Theils herbeigeführt werden können. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes befolgt man die Regel, die stärkeren Theile des Querschnitts zuerst, die schwächeren zuletzt auszubilden. Je schwächer ein Theil des Profils im Verhältnisse zu den übrigen Theilen

ist, desto grösser muss aus diesem Grunde das Abnahmeverhältniss für diesen Theil sein, um durch rasche Querschnittsverdünnung einer vorzeitigen Erkaltung vorzubeugen.

Bei Aufzeichnung der Kaliber fängt man mit dem Fertigkaliber an, indem man dem Querschnitte des Fabrikats das Schwindmaass zugiebt.

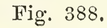
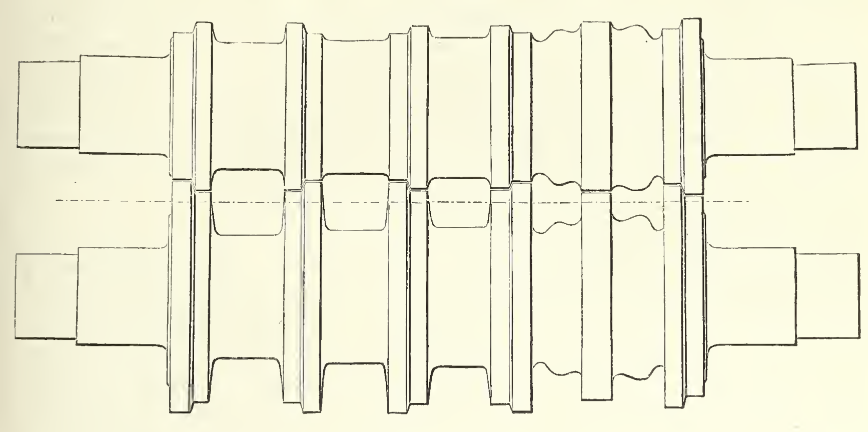
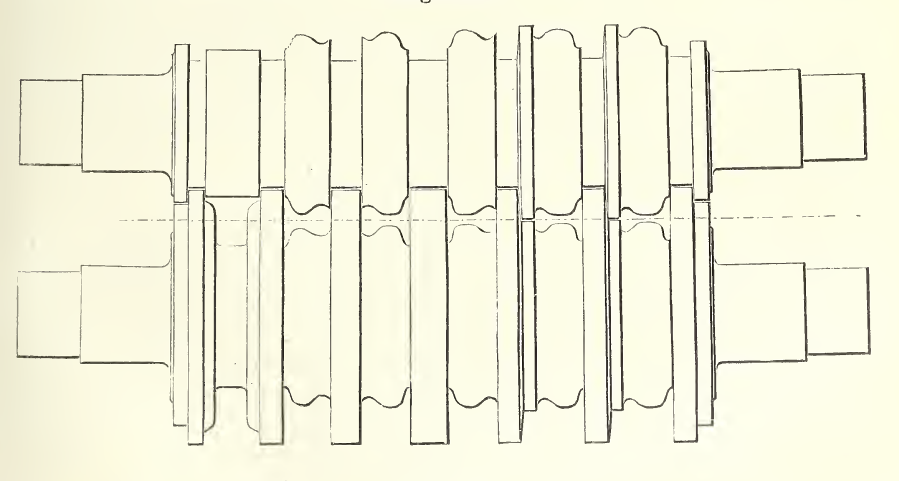


Fig. 388.



Die Abbildungen Fig. 388 und 389 können beispielsweise zur Veranschaulichung der allgemeinen Einrichtung von Eisenbahnschienenwalzen dienen. Fig. 388 sind die Vorwalzen, welche nach den drei vorausgegangenen sogenannten Schweisskalibern schon zwei Entwickelungs-

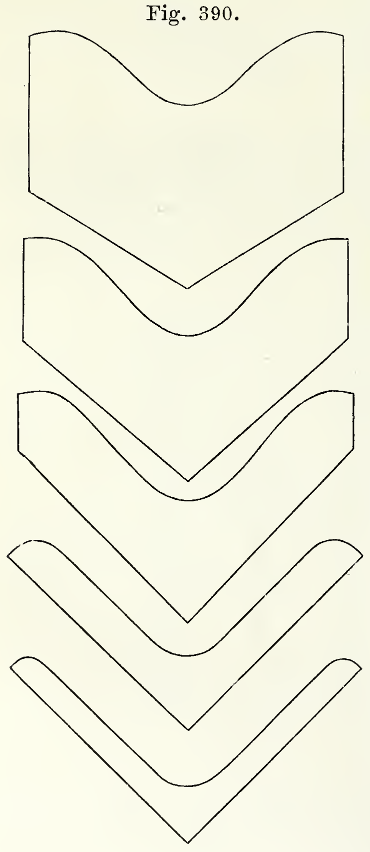
Fig. 389.



kaliber enthalten; Fig. 389 stellt die Vollendwalzen dar. Auch bei der Schienenfabrikation sucht man den Kalibern der Vorwalzen eine solche Form zu geben, dass sie für mehrere Schienenprofile benutzbar sind.

Zwischen je zwei Schweisskalibern wird das Packet oder Eisenstück um 90 Grad, zwischen je zwei Entwickelungskalibern um 180 Grad gedreht, um beiden Seiten abwechselnd Oberdruck zu geben. Wie man sieht, sind die Kaliber der Vorwalzen offen, jedoch mit ziemlich bedeutendem Oberdruck, und zur Verhinderung eines seitlichen Verschiebens der Walzen greifen die meisten ihrer Ringe conisch in einander. Die Kaliber der Fertigwalzen sind dagegen sämmtlich geschlossen, nur die beiden letzten in ihrer Form übereinstimmenden Kaliber (von denen selbstverständlich nur ein einziges jedesmal benutzt wird und das zweite als Reserve dient) sind an dem Kopfe der Schiene getheilt, wodurch eine bessere Abrundung desselben erzielt wird. Aus den Abmessungen des letzten Vorwalzenkalibers und des ersten Streckkalibers der Fertigwalze ergiebt sich, dass in Folge der stattgehabten Ausbreitung der Stab sich nicht ohne Weiteres in letzteres einführen lassen würde. Deshalb ist zwischen beiden ein Stauchkaliber eingeschaltet. Diese Stauchkaliber haben vornehmlich den Zweck, den Fuss der Schiene auszubilden, welche Aufgabe in den liegenden Kalibern um so unvollkommener erreicht werden würde, je breiter der Fuss ist. Mit zunehmender Fussbreite muss daher auch die Anzahl der erforderlichen Stauchkaliber sich vergrössern. Ausserdem wird aber in den Stauchkalibern (in welchen naturgemäss in der umgekehrten Lage der Schiene der Oberdruck auf den Fuss wirkt) bei Anwendung von Schmiedeeisen die Entstehung einer sehnigen Textur befördert, was dem Zwecke der Schiene entspricht. Die Abnahme aus dem vorletzten in das letzte Kaliber macht man gewöhnlich etwas schwächer, als bei den vorhergehenden, um nicht durch zu starken Druck eine Naht auf dem Scheitel des getheilten Schienenkopfs entstehen zu lassen.

Fig. 390.



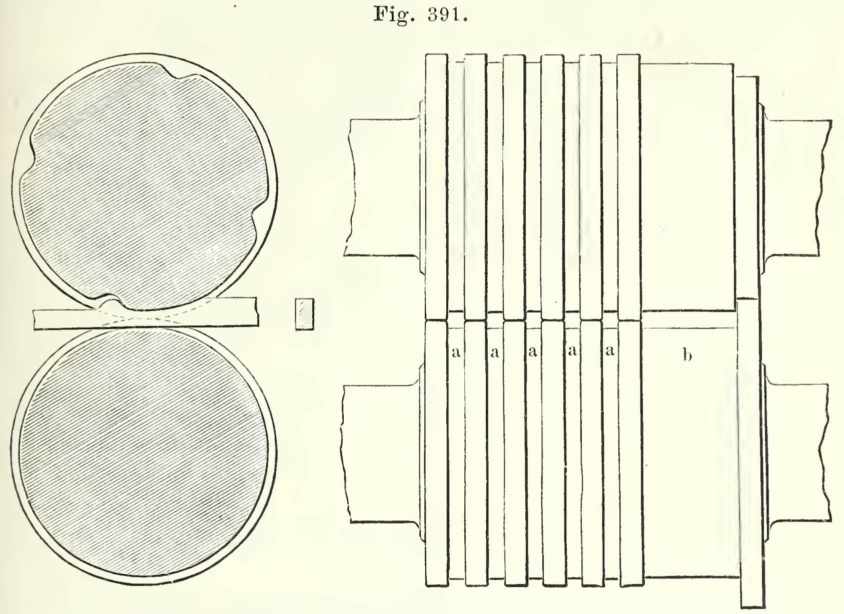
Winkeleisen wird gewöhnlich mit dem Winkel nach unten und gleichmässigem Drucke auf beide Schenkel dargestellt und aus einer quadratischen oder rechteckigen Form entwickelt. Die Kaliber der Fertigwalze sind natürlich sämmtlich geschlossen und der eingreifende Rand der Oberwalze bildet die innere Fläche des Winkels aus. Fig. 390 veranschaulicht die Entwickelung der Kaliber einer Fertigwalze, nachdem

in der Vorwalze die Ausbildung der rechteckigen Form stattgefunden hat.

T-förmiges Eisen wird in ähnlich construirten Kalibern als Eisenbahnschienen gewalzt; zur Darstellung von doppelt TEisen benutzt man Packete, welche schon einen ähnlich profilirten Querschnitt besitzen (siehe unten Fig. 415), und walzt aus diesen das fertige Eisen mit jedesmaliger geringer Ausbreitung und ohne Anwendung von Stauchkalibern aus.

Wenn man auf der Oberfläche der Walze oder innerhalb eines gewöhnlichen, ringförmigen Kalibers einzelne bestimmt profilirte Vertiefungen beziehentlich Erhabenheiten anbringt, so wird ein durch die

Fig. 391.




Walzen hindurchgehender Stab eine Reihe Vorsprünge beziehentlich Eindrücke erhalten, deren Abstände von einander durch die Abstände jener Vertiefungen oder Erhabenheiten bestimmt sind. Man nennt solche Kaliber periodische. Sie werden u. a. angewendet zur Anfertigung von Nageleisen zu Schienennägeln, welches einen langen Eisenstab von dem Querschnitte der Nägel, und in den Abständen der Nagellänge mit ausgeprägten Köpfen vorstellt, so dass man die Nägel nur abzuhauen, den Kopf etwas nachzuschmieden und die Spitze auszubilden braucht.

Fig. 391 veranschaulicht die Form einer solchen Nageleisenwalze in der Ansicht und im Querschnitte, Fig. 392 *A* (a. f. S.) die Form des abgehauenen, Fig. 392 *B* des fertig geschmiedeten Nagels. Die Kaliber *a a* der

Walze sind sämmtlich gleich, und es wird immer nur eines derselben gebraucht, während die übrigen als Reserve dienen; das breite Kaliber *b*

Fig. 392 A.

A

Fig. 392 B.

B

hat den Zweck, das fertig gewalzte Nageleisen nach einer Drehung von 90 Grad hindurchzuführen, um die entstandenen Bärte einzuwalzen. Wie aus dem Querschnitte in Fig. 391 hervorgeht, hat der aus den Vorwalzen kommende Stab den Querschnitt der Nagelköpfe, und wird demnach innerhalb des Nagelkalibers auf den Querschnitt des Nagelschafts gestreckt, wobei nur der Kopfquerschnitt unverändert bleibt.

In ähnlicher Weise walzt man Eisenstäbe für Hufeisen mit den erforderlichen Buckeln etc. und andere Formen. Selbst solche Gegenstände hat man durch periodische sich ergänzende Kaliber in Ober- und Unterwalze aus vollen Stäben oder Blechen ihren Umrissen und ihren Stärkeabmessungen nach hergestellt, welche mit ihrem ganzen Umfange aus der ursprünglichen Stabform heraustreten, z. B. Löffel und Gabeln aus Neusilber. Man benutzt dazu Bleche von derjenigen Stärke, welche der fertige Löffel oder die Gabel an der stärksten Stelle, also an dem Ansatzpunkte des Stiels, erhalten soll. Diese Blechstreifen werden in sogenannten Vordruckwalzen durch periodische Einwirkungen derartig umgeformt — gestreckt —, dass sie im Längsschnitte mit dem Längendurchschnitte einer Anzahl an einander gereihter Löffel oder Gabeln übereinstimmen; in einem folgenden Walzenpaare erhalten sie nunmehr auf der Oberfläche die Ornamentirungen, Inschriften u. s. w. des fertigen Fabrikats. Auch aus diesen Walzen geht das Arbeitsstück als ebener Streifen hervor, der aber den vollständigen Umriss und die Oberfläche einer Reihe von Löffeln oder Gabeln zeigt.

Durch eine Vollendungsarbeit wird aus dem inzwischen hart gewordenen Blechstreifen das Arbeitsstück ausgelöst, getieft u. s. w. [1]).

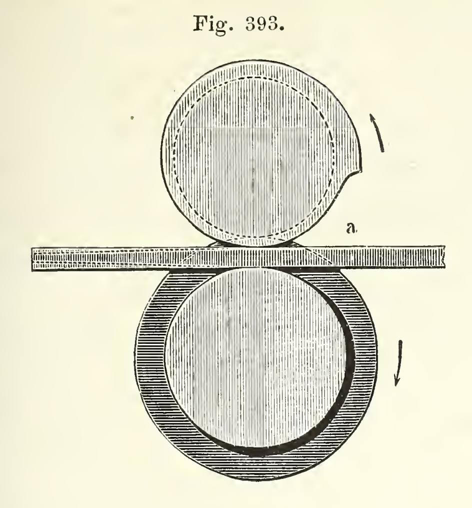
Nahe verwandt mit diesen periodischen Kalibern sind die sogenannten unterbrochenen Kaliber, in welchen nur auf eine bestimmte Stelle des eingesteckten Arbeitsstücks eine Wirkung ausgeübt wird, indem man an der übrigen Länge des Umfangs einen Ausschnitt anbringt, welcher das Einstecken gestattet, ohne dass eine Berührung mit den Walzenflächen stattfindet. Wenn z. B. die in Fig. 393 im Durchschnitte gezeichneten Walzen sich in der Richtung der Pfeile drehen, so lässt sich der Stab *a* von der rechten Seite her in dem Augenblicke zwischen dieselben einstecken, wo der Ausschnitt der obern Walze unten steht.

---

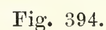
[1]) Näheres über die Anfertigung neusilberner Löffel durch Walzen nebst Abbildung der Walzwerke siehe Wiebe, Skizzenbuch, Jahrgang 1867, Heft 2.

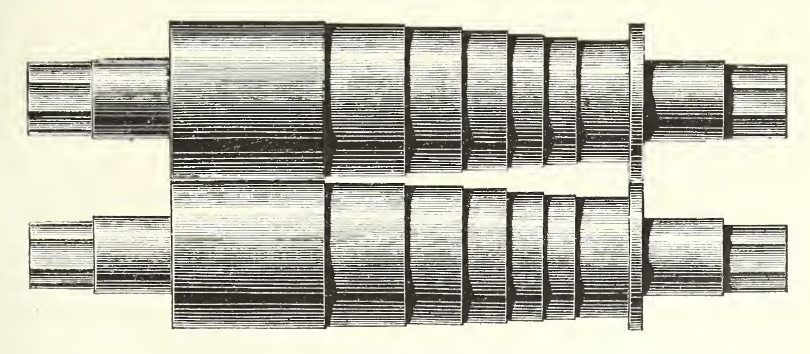
Bei fortgesetzter Drehung der Walzen wird nun aber alsbald der Stab ergriffen und wieder nach rechts herausgewalzt, dabei aber zugleich in Folge der excentrischen Form des obern Kalibers nach dem Ende zu mehr und mehr zusammengedrückt werden, wie es die punktirten Linien andeuten. Solche Walzen werden u. a. benutzt, um Drahtenden anzuspitzen (für die Drahtzieherei), Federschienen auszukeilen u. s. f.

Fig. 393.




Bei den beschriebenen Kaliberwalzen nehmen die Ringe oder Ränder zwischen den einzelnen Kalibern einen nicht unbeträchtlichen Theil der Gesammtlänge einer Walze in Anspruch. Für Anfertigung solcher Eisensorten mit rechteckigem Querschnitte (Flacheisen), welche keine scharf ausgebildeten Kanten zu besitzen brauchen, bei denen also starker Seitendruck nicht erforderlich ist, wendet man deshalb wohl zur Umgehung dieses für die Ausnutzung der Walzenlänge offenbaren Nachtheils Walzen an, bei denen eine Reihe immer engerer Kaliber ohne dazwischen liegende Ringe auf einander folgen, und nennt diese Walzen ihrer Form halber Staffel- oder Stufenwalzen. Die Abbildung Fig. 394 stellt ein Paar solcher Staffelwalzen dar.


Fig. 394.



Es wurde bereits oben erwähnt, dass die Unterwalze mit einer Vorrichtung versehen sein müsse, um das Umwickeln des aus den Walzen kommenden Stabes um die Walze unmöglich zu machen. Als solche Vorrichtung dient eine horizontale Abstreifplatte aus Blech oder Gusseisen, welche hinter den Walzen mit dem einen Ende auf einer zwischen den Ständern be-

festigten Querstange, mit dem andern Ende auf der Aussenfläche der Walze aufruht, der Kaliberform entsprechend ausgeschnitten und vorn zugeschärft ist, so dass ihre Oberfläche eine Tangentialebene gegen die Walze bildet. Statt der ganzen Platte erfüllen auch einzelne Stäbe, sogenannte Abstreifmeissel, den Zweck, welche die Breite der Kaliber besitzen, an die Innenfläche derselben genau anschliessen und ebenso wie die Platte auf einem Querstabe ruhen. Bei Kalibern, deren Form die Gefahr für das Festklemmen der Stäbe besonders gross erscheinen lässt, bringt man unter den Abstreifmeisseln noch besondere Abstreifeisen an, die mit ihrem untern Ende scharnierartig an der Sohlplatte des Walzwerks befestigt sind, sich schräg gegen die Walze neigen, und mit dem obern entsprechend geformten Ende in das Kaliber eingreifen.

Zur Erleichterung des Einlassens der Arbeitsstücke befinden sich an der vordern Seite der Walzen der horizontale Walzentisch oder Walztisch aus Guss- oder Schmiedeeisen, ebenfalls auf einem Querstabe zwischen den Ständern befestigt und mit dem andern Ende auf dem Umfange der Unterwalze ruhend. Vielfach bringt man, um die richtige Einführung zu erleichtern, senkrechte Wände auf dem Walztische an, solcherart Rinnen bildend, welche in die einzelnen Kaliber führen und nach der dem Arbeiter zugekehrten Seite sich erweitern.

Wenn das Walzstück die Walzen verlassen hat, so muss es, sofern es in seiner Form noch nicht vollendet ist, wieder an die entgegengesetzte Seite des Walzwerks geschafft werden, um von Neuem durch die Walzen hindurchzugehen. Dieses Hinüberschaffen wird durch ein Anheben bis zur Oberkante der Oberwalze bewirkt, und es veranlasst alsdann die Reibung der sich in der entsprechenden Richtung drehenden Oberwalze das Hinübergleiten. Kleine Stücke werden ohne Weiteres mit der Hand emporgehoben, mittelgrosse werden mit Hülfe eines Apparats gehoben, welcher aus einer Stange oder Gabel besteht, hebelartig mit ihrem Drehungspunkte an einer herabhängenden Kette befestigt, deren oberes Ende an einer Laufrolle auf einer am Dachgerüste angebrachten Schiene befestigt ist, mit deren Hülfe sie in der ganzen Längenausdehnung des Walzwerks bewegt werden kann.

Für schwere oder sehr breite Walzstücke (z. B. Bleche) reicht jedoch diese einfache Vorrichtung zum Ueberheben nicht aus, man bedient sich eines beweglichen Tisches, welcher das herauskommende Walzstück aufnimmt und alsdann mit diesem auf die erforderliche Höhe gehoben wird. Gewöhnlich ist die den Walzen abgewendete Seite des Tischs mit Drehungszapfen befestigt und nur die den Walzen zugekehrte Seite wird gehoben, wobei der Tisch entsprechend lang sein muss, um nicht beim Anheben einen allzu steilen Neigungswinkel zu erhalten. Das Anheben erfolgt bei kleineren Walzwerken mit Hülfe eines Hebels durch Menschenkraft (vergl. unten Fig. 407), bei grösseren durch eine kleine, neben den Walzen aufgestellte Dampfmaschine, durch hydraulischen

Druck, durch eine Frictionsvorrichtung, welche mit dem Walzwerke selbst in Verbindung steht [1]) oder dergleichen.

Um den Stoss zu vermeiden, welchen das überhobene und von der Walzenoberkante auf den Walzentisch niedergleitende Walzstück auf letztern ausüben würde, macht man bei Walzwerken für schwere Bleche und dergleichen auch den vor den Walzen befindlichen Tisch beweglich und lässt beide Tische von einem gemeinschaftlichen Bewegungsmechanismus aus sich gleichzeitig heben und senken.

Zur Verminderung der Reibung, welche die Arbeitsstücke beim Vorschieben auf den Walztischen hervorrufen, und durch welche ihre Bewegung beträchtlich erschwert werden würde, versieht man die Walztische mit einer Anzahl Rollen, deren Achsen parallel der Walzwerksachse laufen, und deren Oberkante ein wenig über die Oberkante des Tischs hervorragt (vergl. unten Figur 407 und 408). Letzterer wird aus Winkel- oder Flacheisenstäben gitterartig zusammengesetzt, und in den Zwischenräumen zwischen den Gitterstäben sind die Rollen gelagert. Das Arbeitsstück ruht nunmehr lediglich auf den neben einander befindlichen Rollen und die beträchtliche gleitende Reibung beim Vorschieben verwandelt sich dadurch in die weit unerheblichere rollende.

Sinnreiche Constructionen beweglicher Walztische sind auf nordamerikanischen Eisenwalzwerken in Anwendung unter der Bezeichnung „Fritz'scher Walztisch", von G. Fritz erfunden, von J. Fritz und A. Holley verbessert. Dieser Walztisch, aus zwei an beiden Seiten des Walzwerks befindlichen selbständigen Hälften bestehend, wird mit Hülfe eines Hebelwerks gehoben und gesenkt, welches von einem hydraulischen Cylinder aus bewegt wird, und verrichtet somit das Anheben des Walzstücks; er ist in beiden Hälften mit Rollen versehen, ähnlich den oben erwähnten, welche aber unter sich durch Zahnräder verbunden und von einem Motor aus in beiden Richtungen drehbar sind, so dass durch diese Drehung der Rollen eine Zuführung des auf ihnen ruhenden Walzstücks gegen die Walzen bewirkt wird; er besitzt endlich eine Vorrichtung, welche eine Drehung des Walzstücks um 90 Grad und eine seitliche Verschiebung nach dem folgenden Kaliber ermöglicht. Diese letztere Aufgabe erfüllt ein Wagen unterhalb des Tischs auf Schienen, parallel der Walzwerksachse laufend, und von einem dritten Motor (hydraulischem Cylinder) aus bewegt. Auf dem Wagen sind vier aufrecht stehende Arme befestigt, deren obere freie Enden zwischen den Rollen des Walztischs vorstehen, wenn dieser in seiner tiefsten Lage sich befindet, in solcher Lage also das Walzstück ergreifen und seitlich verschieben können; die aber, in geeigneter Stellung unter das Walzstück geschoben, wenn der Tisch hoch steht, beim Niederlassen des letztern ein Wenden des Walzstücks bewirken müssen. Zur Steuerung dieser verschiedenen Bewegungsmechanismen sind zwei bis drei Arbeiter erforderlich. Die

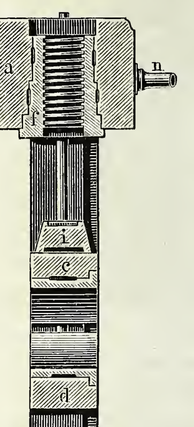
[1]) Jahrbuch der Bergakademieen zu Leoben etc., Bd. IX., S. 188 (Tunner).

hauptsächlichste — wie es scheint bis jetzt ausschliessliche — Anwendung findet der Fritz'sche Walztisch beim Vorwalzen und Verdichten schwerer Bessemerblöcke in sogenannten Blooming mills, grossen Walzwerken mit drei über einander liegenden Walzen (vergl. unten: Dreiwalzensysteme). Abbildungen und Beschreibungen desselben finden sich in: Wedding, Das Eisenhüttenwessen der Vereinigten Staaten von Nordamerika (Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate, Bd. 24), S. 70; Tunner, Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten von Nordamerika, Wien 1877, S. 95 und 159.

Die Ständer. Dieselben haben die Form eines aufrecht stehenden, starken gusseisernen Rahmens, welcher die Lager der Walzen enthält. Die Unterwalze bedarf nur eines Unterlagers da der vom Walzstücke ausgeübte Druck jedes Heben derselben verhindert; sie ruht mit ihrem Lager in dem Fusse des Ständers und kann also ihre Lage während der Arbeit nicht verändern. Auf die Oberwalze dagegen wirken zwei entgegengesetzte Kräfte; ihr eigenes Gewicht zieht sie während der Ruhe nach unten, der Druck des durchgehenden Walzstücks hebt sie empor. Sie muss also mit Ober- und Unterlager versehen sein; und das erstere muss in seiner Höhenlage stellbar gemacht sein, um den

Fig. 395.

Fig. 396.



Abstand zwischen beiden Walzen reguliren zu können. Als solche Vorrichtung dient eine senkrechte Druck- oder Stellschraube, welche von oben auf das Lager drückt und somit das Anheben der Walze auf ein grösseres Maass verhindert. So lange die Oberwalze sich selbst überlassen ist, ruht sie dagegen im Unterlager oder auf der Unterwalze; sie wird während des Durchgangs des Walzstücks gehoben und fällt, sobald dasselbe die Walzen verlassen hat, wieder zurück. Die durch dieses Empordrücken und Niederfallen verursachten Stösse werden um so empfindlicher sein, je schwerer die Walze und je beträchtlicher die jedesmalige Querschnittsverkleinerung des Arbeitsstücks ist. Zur Vermeidung der durch diese Stösse erzeugten Gefahr für Beschädigungen des Walzwerks hat man deshalb bei schweren Walzwerken, insbesondere auch bei vielen Blechwalzwerken, das Gewicht der Oberwalze durch Gegengewichte ausgeglichen oder auf ein sehr geringes Maass reducirt, und unterscheidet demnach Walzenständer mit und ohne Gewichtsausgleichung der Oberwalze.

Die Figuren 395 bis 398 veranschaulichen in $^1/_{24}$ der wirklichen Grösse die übliche Construction eines Walzenständers ohne Gewichtsausgleichung. *a* ist der in einem Stücke gegossene Rahmen, unten zur bessern Auflage mit angegossenen Lappen versehen, welche mit sogenannten Arbeitsleisten, d. h. gehobelten vorstehenden Flächen, auf der Fundamentplatte ruhen und zwischen Nasen derselben festgekeilt werden. *m* ist das Lager der Unterwalze, mit der innern Rahmenfläche zusammengepasst und durch Keile ein wenig in seiner Höhenlage verstellbar, *d* ist das Unterlager und *c* das Oberlager der Oberwalze. Sämmtliche Lager sind mit Lagerschalen aus Rothguss oder Hartblei versehen, und um eine seitliche Verschiebung zu vermeiden, greifen sie an der den Walzen zugekehrten Seite mit einem Vorsprunge in den Falz *t* derselben, während die Walzen selbst eine Verschiebung nach dieser Seite hin unmöglich machen. Das Lager *d* ist durch die beiden Schraubenbolzen *h h* getragen, welche durch Bohrungen des Lagerdeckels *c* hindurch gehen; die Stellung des Lagers ist gewöhnlich eine solche, dass während des Stillstandes und Leergangs die Oberwalze auf der Unterwalze ruht. Die Druckschraube *e*, welche durch eine in

Fig. 397.

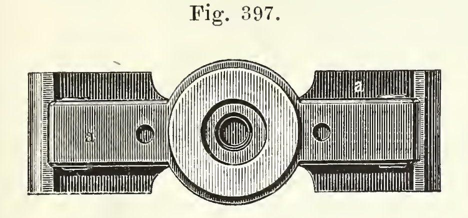
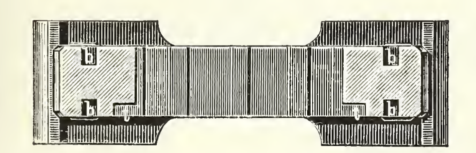



Fig. 398.



dem obern verstärkten Theile des Ständers befestigte metallene Schraubenmutter hindurchgeht, bestimmt die Höhe, auf welche sich beim Durchgange des Walzstücks die Oberwalze zu heben vermag, und somit die

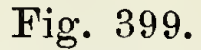
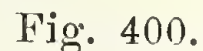


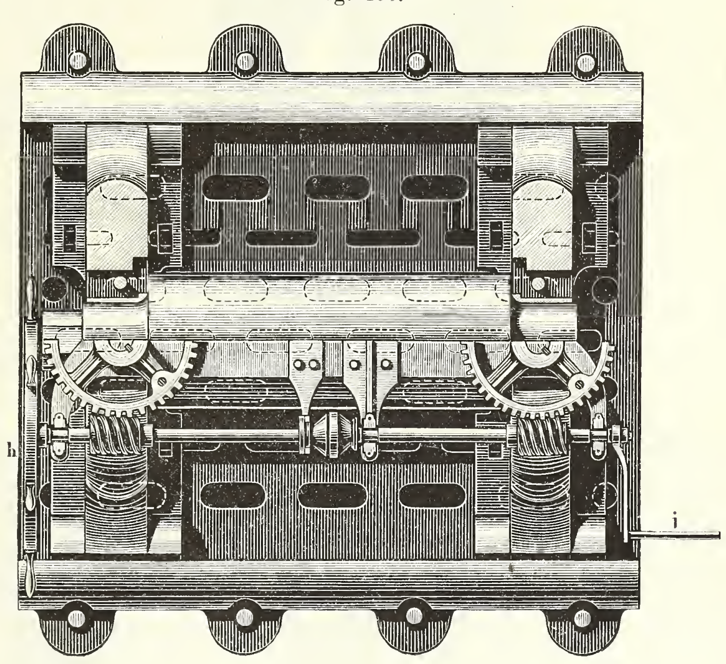
Fig. 399.

Grösse des Kaliberquerschnitts; es ist einleuchtend, dass man durch Höher- und Niedrigerstellen der Schraube denselben innerhalb gewisser Grenzen verändern kann. Um nun aber für den Fall, dass der durch die Schraube ausgeübte Druck zu beträchtlich im Verhältnisse zur Dehnbarkeit und Härte des Metalls sein sollte, ein Zerbrechen kostspieligerer

Theile, insbesondere der Walzen, zu verhüten, ist zwischen Druckschraube und Oberlager die Brechkapsel *i* eingeschaltet, ein Gusseisenstück, welches zertrümmert wird, sobald ein unberechneter Widerstand eintritt.

Bei neueren Walzwerken hat man mehrfach das Oberlager *c* an die Schrauben *h* gehängt und das Lager *d* durch ein Paar besonderer Schrauben mit *c* verbunden. Man beabsichtigt damit, die Verstärkung der Zapfenreibung zu vermeiden, welche durch festes Anziehen der Stellschraube in der obern Lagerschale hervorgerufen wird; denn da in der geänderten Construction die Entfernung der Lagerschalen von einander durch die Druckschraube unbeeinflusst ist, so bleibt auch die Zapfenreibung die gleiche, ob die Schraube fest oder weniger fest an-


Fig. 400.



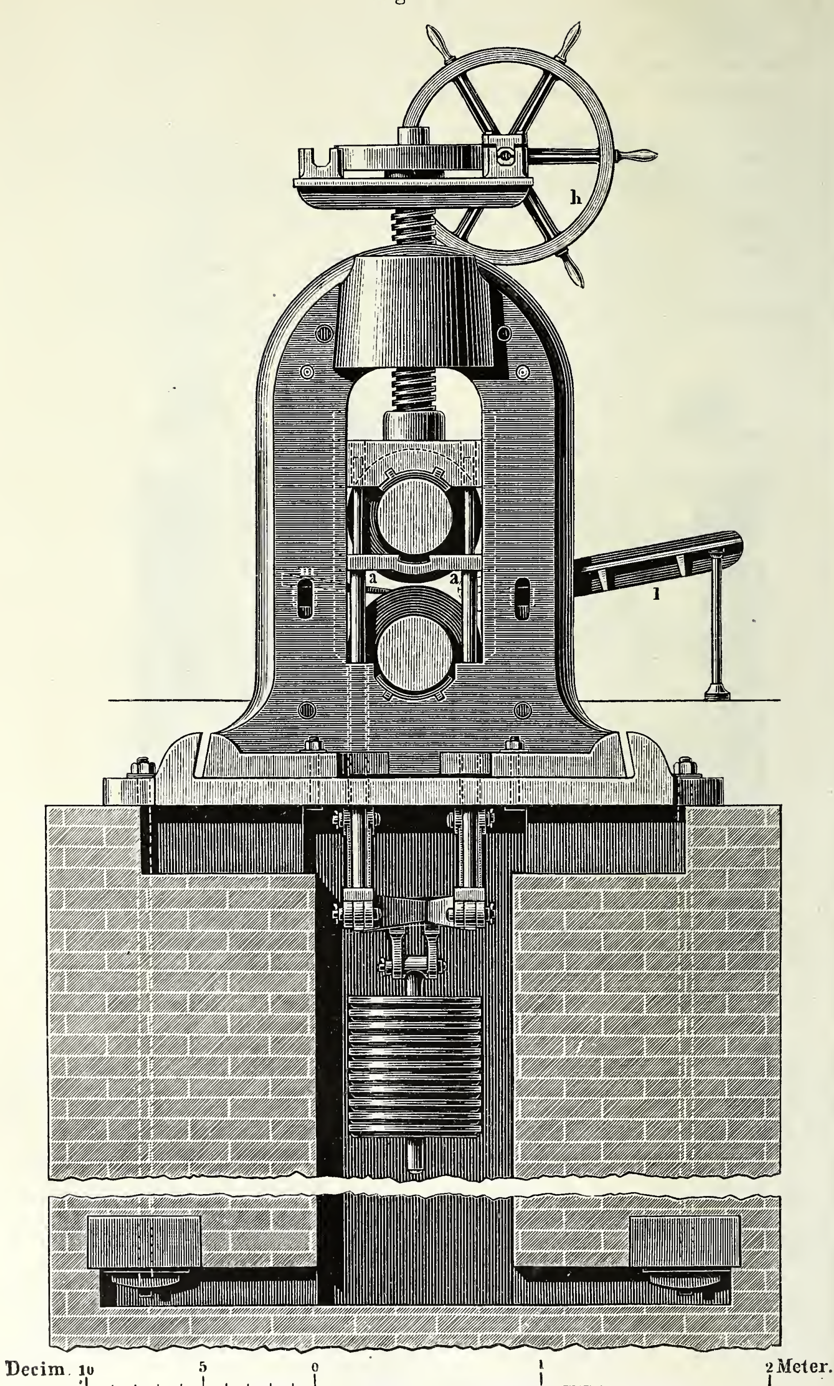

gezogen ist. Je stärker der Druck der Schraube *e* aber ist, desto genauer werden die Kaliber auf einander schliessen, desto weniger wird eine Erweiterung des Kalibers eintreten können [1]).

Die Nuthen *b b* dienen zur Anbringung der Querstäbe für die Unterstützung der Einlass- und Auslassvorrichtungen; *n n* sind vier Schraubenlöcher für die vier Ankerschrauben, welche je ein Paar zusammengehöriger Walzenständer verbinden.

Das Gerüst eines Blechwalzwerks mit Gewichtausgleichung der Oberwalze ist in den Figuren 399 bis 402 abgebildet. Der Ständer an und für

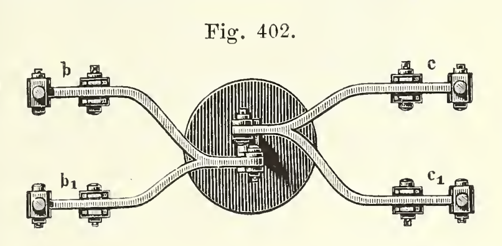
[1]) Zeitschrift deutscher Ingenieure, Jahrgang 1872, S. 661.

Fig. 401.



sich ist im Wesentlichen ebenso geformt, als der vorhin beschriebene. Die Unterwalze ruht hier, was auch bei jenem zulässig gewesen sein würde, ohne Weiteres in dem Ständer, nur muss in diesem Falle, damit man die Höhenlage der Walze regeln könne, die Lagerschale verstellbar sein. Das Unterlager der Oberwalze wird in jedem Ständer von zwei starken, senkrechten, schmiedeeisernen Stangen *a a* getragen, welche durch entsprechende Oeffnungen desselben hindurchgehen und unterhalb der Fundamentplatte sich auf die kürzeren gabelförmigen Arme $b\,b_1$ und $c\,c_1$ zweier ungleicharmigen Hebel stützen, deren längere Arme mit Gewichten derartig beschwert sind, dass das Gewicht der Lager mit der Walze eben ausgeglichen wird. Man versieht entweder jeden der beiden Hebelarme mit einem besondern Gewichte, oder man beschwert sie wie in der vorliegenden Abbildung (Fig. 402) gemeinschaftlich; auch der Fall ist nicht selten, dass jeder der vier schmiedeeisernen Tragbolzen einen besondern Hebel mit Gegengewicht erhält. Um die Gewichtsausgleichung reguliren zu können, bestehen die Gewichte aus einzelnen gusseisernen kreisrunden Scheiben mit einem bis zur Mitte reichenden Schlitze versehen, die sich leicht abnehmen und auflegen lassen. Die Druckschrauben und Brechkapseln haben die gleiche Einrichtung als bei dem oben beschriebenen Walzenständer ohne Gewichtsausgleichung. In Rücksicht auf den Umstand jedoch, dass bei Blechwalzen nach jedem Durchgange des Walzstücks eine Näherung der Walzen bewirkt werden muss, um zwischen denselben Walzen eine Querschnittsverkleinerung zu bewirken; und dass diese durch Anziehen der Druckschrauben bewirkte Näherung durchaus gleichmässig an beiden Ständern geschehen muss, sind die Druckschrauben an ihren Köpfen mit zwei gleich grossen Zahnrädern *g g* versehen, welche von einer über den Ständern gelagerten horizontalen Welle aus gleichzeitig in Drehung versetzt werden können und diese Drehung den Schrauben mittheilen. Für die Uebertragung der Drehung auf die Zahnräder benutzt man wie im vorliegenden Falle Schnecken, häufiger noch Winkelräder. Die Drehung der horizontalen Antriebswelle erfolgt durch das Rad *h* und die Kurbel *i*.

Fig. 402.




In Fig. 401 sieht man den Walzentisch *l* und die Abstreifvorrichtung *m*.

Kupplungen. In Rücksicht auf das unvermeidliche Heben und die bei Blechwalzwerken sogar erforderliche Veränderlichkeit der Höhenlage der Oberwalze ist eine Vorkehrung nöthig, um den Einfluss dieser Vorgänge auf die Getriebe sowohl als die benachbarten Walzenpaare möglichst abzuschwächen und dadurch die Gefahr eines Bruchs zu ver-

meiden. Als solche Vorkehrung dient die Einschaltung einer Kupplung zwischen je zwei Walzenpaaren oder einem Walzenpaare und den Getrieben, bestehend aus einer Spindel, deren beide Enden durch übergeschobene Muffen mit den Walzen- beziehentlich Getriebezapfen verbunden sind und innerhalb der Muffen einen hinreichenden Spielraum finden, um ein einseitiges Anheben aus der Horizontalen zu gestatten. Je länger die Spindeln sind, desto kleiner wird der Neigungswinkel der Spindel beim Heben der Walze ausfallen und desto weniger Spielraum innerhalb der Muffen ist demnach erforderlich; desto besser schliessen die letzteren mit den Spindeln zusammen.

Die Kupplungsspindeln erhalten natürlich an den Enden den nämlichen Querschnitt wie die Kupplungszapfen der Walzen und Getriebe, den man nach der Mitte zu nicht selten noch schwächt (vergl. unten Fig. 406), so dass bei ungewöhnlichem Widerstande gegen die Drehung eher die Kupplungsspindeln als die kostspieligeren Walzen zerbrechen. Von diesem Gesichtspunkte aus nennt man sie auch Brechspindeln. Ihre Länge ist mindestens doppelt so gross als die der Muffen, um die Einschaltung zwischen die festliegenden Zapfen möglich zu machen, und beträgt gewöhnlich das 15- bis 20 fache der Höhe, auf welche die Oberwalze gehoben wird. Der Querschnitt der Kupplungsmuffen ist gleichfalls so bemessen, dass sie leichter als die Walzenzapfen zertrümmert werden. Um eine selbstthätige Verschiebung der übergeschobenen Muffen zu verhüten, legt man zwischen dieselben an den Umfang der Spindeln Holzstücke von der Länge des Abstandes der Muffen von einander und bindet diese durch Riemen fest (vergl. Fig. 381).

Die Getriebe oder Kammwalzen. In Rücksicht auf die Stösse, welche vom Walzwerke ausgeübt und auf die Zähne übertragen werden, müssen dieselben äusserst stark construirt sein. Sie sind wie die Walzen mit Lauf- und Kupplungszapfen versehen. Bei den bis jetzt beschriebenen Walzgerüsten mit zwei Walzen wird stets das untere Getriebe mit der Antriebswelle verbunden. Die Einrichtung eines Getriebeständers wird durch die Figuren 403 und 404 erläutert. Der Hauptunterschied gegenüber dem Walzenständer liegt in dem Wegfallen der Druckschraube und in der zur Erleichterung des Einlegens dienenden Theilung des Ständers in Untertheil und aufgeschraubten Deckel. Die beiden Getriebe laufen gewöhnlich mit abgedrehten, angegossenen Ringen *rr*, Fig. 405, welche genau den Durchmesser des Theilkreises besitzen, auf einander, so dass das untere Getriebe durch das obere in seiner Lage festgehalten wird und ein Lagerdeckel für ersteres entbehrlich wird.

Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, dass bei einzelnen Walzwerken, besonders bei Blechwalzwerken, bisweilen die Getriebe weggelassen und die Oberwalze nur durch die vom hindurchgehenden Bleche hervorgerufene Reibung gedreht wird. Man nennt diese Walzen Schleppwalzen.

Schwungrad. Dasselbe hat nicht allein den Zweck zu erfüllen, die Ungleichmässigkeiten im Gange der Dampfmaschine wie jedes andere Schwungrad auszugleichen, sondern es soll die Rückwirkung der heftigen Stösse auf die Betriebsmaschine abschwächen, welche beim Einbringen des Walzstücks unvermeidlich sind, und es soll auch vornehmlich den Ueberschuss an Arbeit aufnehmen, welchen die Betriebsmaschine während des Leergangs leistet, und an das Walzstück abgeben, sobald dieses von den Walzen erfasst ist.

Fig. 403.

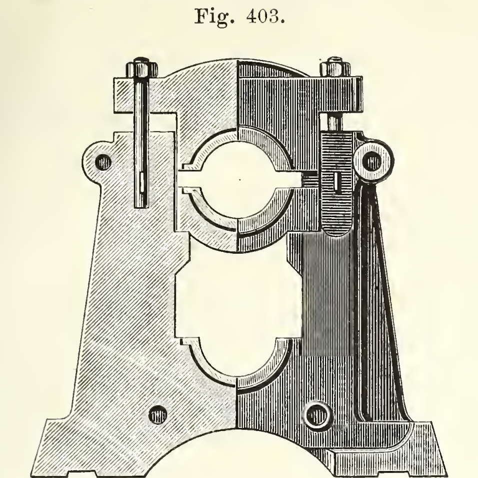


Fig. 404.

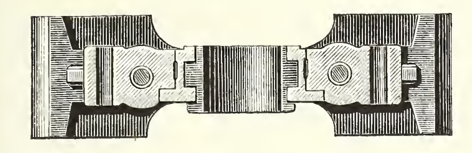


Fig. 405.

Da also die für die Formveränderung des Walzstücks aufgewendete Arbeit aus der directen Leistung der Dampfmaschine und der im Schwungrade aufgesammelten Arbeit sich zusammensetzt, so folgt, dass bei Anwendung eines genügend grossen Schwungrades die Leistung des Motors um so geringer sein kann, je länger die Perioden des Leergangs zwischen den Durchgängen des Metalls sind; und dass umgekehrt ein um so schwereres Schwungrad erforderlich ist, je geringer die Leistung des Motors ist.

Andererseits geht um so mehr Arbeit durch Reibung in den Schwungrad-Wellenlagern verloren, je grösser das Schwungrad ist, und ebenso verlängert sich die Zeitdauer für In- und Aussergangsetzung der Maschine mit zunehmendem Schwungradgewichte. Daher giebt es auch hier eine Grenze der Zweckmässigkeit.

Als geringstes Schwungradgewicht bei kleinen Walzwerken kann man 10 000 Kilogramm annehmen; bei den Walzwerken mittlerer Grösse

ist das üblichste Gewicht 15 000 bis 20 000 Kilogramm; bei Blechwalzwerken und Grobeisenwalzwerken bis 30 000 Kilogramm.

Bei einer besondern Gattung von Walzwerken, welche unten eingehender erwähnt werden wird, arbeitet man ohne Schwungrad, um die Bewegungsrichtung der Walzen rasch umkehren zu können, und wendet bei Anwendung von Dampfkraft Zwillingsmaschinen an, deren Kurbeln um 90 Grad gegen einander gestellt sind, um die Unregelmässigkeiten des Ganges auszugleichen.

## Dreiwalzensysteme (Triowalzwerke).

Die Zeit, welche bei den bisher besprochenen Walzwerken mit zwei Walzen darauf verwendet wird, das Walzstück über die Oberwalze zurückzureichen, lässt sich für die Walzarbeit nutzbar machen, wenn man statt zweier Walzen deren drei über einander anlegt und das zwischen Unter- und Mittelwalze hervorkommende Walzstück zwischen Mittel- und Oberwalze zurückgehen lässt. Es wird dabei nicht allein direct Zeit gewonnen, sondern es wird in Folge der raschern Arbeit auch die Wärme des Metalls besser ausgenutzt. Letzterer Umstand war es hauptsächlich, der den Triowalzwerken, wie man dieses Walzwerksystem zum Unterschiede von den Duowalzwerken mit zwei Walzen benennt, schon in älterer Zeit für kleinere und mittlere Eisensorten, welche rasch abkühlen, ausgebreitete Anwendung verschaffte, während sie in neuerer Zeit auch für die schwersten Gegenstände vielfach mit Vortheil benutzt werden. Für das Anheben der letzteren auf die Höhe der Mittelwalzenoberkante benutzt man alsdann die schon früher beschriebenen Ueberhebvorrichtungen (bewegliche Walztische).

Da das Kaliber der Mittelwalze ebensowohl dem Kaliber der Unterwalze als auch dem Kaliber der Oberwalze zu entsprechen, mit diesen zusammen erst die vollen Kaliber zu bilden hat, so ist die Kalibrirung weniger einfach als bei den Zweiwalzensystemen. Oft hat man sich, insbesondere bei symmetrischen Formen, die Lösung der Aufgabe dadurch sehr leicht gemacht, dass man das obere Kaliber gerade so formte als das untere, mithin zwei gleiche Kaliber oben und unten erhielt; so z. B. bei Rund- und Quadrateisenkalibern; oder auch, indem man bei unsymmetrischen Querschnitten abwechselnd oben und unten nur je ein benutztes Kaliber anbrachte, über das untere benutzte Kaliber und unter das obere benutzte Kaliber dagegen sogenannte blinde Kaliber verlegte. Dadurch wird aber für die gleiche Zahl verschiedener Kaliber das anderthalbfache Inventar an Walzen für das Triowalzwerk gegenüber dem Zweiwalzensysteme erforderlich.

Am wenigsten schwierig gestaltet sich die Lösung der Aufgabe, fortschreitend streckende Kaliber in den Triowalzen anzubringen, wenn das Arbeitsstück nach jedem Durchgange um 90 Grad gedreht wird,

und es, wie bei Spitzbogenkalibern, nicht darauf ankommt, dass der Querschnitt durchaus symmetrisch sei. Bei diesen letztgenannten muss die obere Hälfte des untern Kalibers und die untere Hälfte des obern Kalibers in die Mittelwalze fallen, also einander gleich sein; wenn man demnach die dazu gehörige zweite Kaliberhälfte der Unterwalze entsprechend höher macht als die zweite Kaliberhälfte der Oberwalze, so wird bei gleichbleibender Breite des untern und obern Kalibers auch die totale Höhe des Kalibers in dem obern sich ebenso verringern als die Höhe zweier neben einander liegender Kaliber des Zweiwalzensystems, demnach, wenn der Stab gedreht wird, sowohl Streckung als seitliche Ausbreitung stattfinden, vorausgesetzt, dass die Breite beider Kaliber beträchtlicher ist als die Höhe des untern.

Weniger einfach lässt sich die Kalibrirung des Dreiwalzensystems für Anfertigung von Façonstücken, z. B. Eisenbahnschienen, doppelt T-Trägern und dergleichen, ausführen, weil hier eine seitliche Ausbreitung innerhalb des zweiten der zusammengehörigen Kaliber nicht möglich ist, und in Folge des Umstandes, dass die obere durch die Mittelwalze gegebene Profilirung des untern Kalibers der durch dieselbe Walze gegebenen untern Profilirung des obern Kalibers gleich sein muss, auch nur eine einseitige Ausbildung des Querschnitts bei dem Durchgange durch das zweite der in gleicher Verticalebene liegenden Kaliber möglich ist. Wir verweisen hinsichtlich der Art und Weise, wie man eine solche Kalibrirung für drei Walzen zweckmässig ausführt, auf die unter „Literatur“ angeführte, vom Vereine zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen preisgekrönte Abhandlung: R. Daelen, Die Kalibrirung der Walzen, S. 11 [1]).

Die drei Walzen des Triowalzwerks erhalten ihre Bewegung durch drei Getriebe, deren mittleres mit der Antriebswelle des Motors gekuppelt ist.

Bei Schnellwalzwerken für Darstellung der feinsten Eisensorten, welche rasch strecken müssen, pflegt man das vordere Ende des zwischen den Walzen hervorkommenden dünnen und langen Stabes umzubiegen und schon durch ein folgendes Walzenpaar zurückgehen zu lassen, während er noch in dem vorausgegangenen gestreckt wird, so dass derselbe Stab gleichzeitig in drei bis fünf Kalibern bearbeitet wird. In Rücksicht auf den für das Umbiegen nöthigen Raum benuzt man hierbei zum Zurückgeben stets die Walzen des folgenden (beziehentlich vorausgegangenen) Walzgerüsts, lässt demnach in dem Triowalzwerke abwechselnd Ober- und Unterwalze fort und ersetzt dieselbe durch eine Kupplungsspindel, welche die Bewegung auf das folgende Walzgerüst fortpflanzt. Nur bei den Vorwalzen sind alle drei in einem Gerüste vereinigt und der noch kurze Stab wird erst wie bei gewöhnlichen Triowalzwer-

[1]) Beilage zu den Verhandlungen des genannten Vereins Jahrgang 1869; auch als Separatabdruck erschienen.

ken durch ein neues Kaliber zurückgegeben, wenn er das vorhergehende verlassen hat. Für das Fertigwalzen pflegen zwei bis vier Gerüste in der geschilderten Anordnung vorhanden zu sein, bei neuen nordamerikanischen Walzwerken (System Johnson) zur Darstellung von sogenanntem Walzdrahte, dessen Durchmesser ca. 4 Mm. beträgt, sind mit Einrechnung der Vorwalzen sogar 16 Walzenpaare von ca. 200 Mm. Durchmesser, abwechselnd mit horizontalen und verticalen Achsen, in gleichzeitiger Wirksamkeit, deren erstes 16, deren letztes 450 Umdrehungen per Minute macht, und welche binnen neun Stunden 15 300 Kilogramm Stäbe von 30 Mm. Durchmesser auf jene erwähnte kleine Abmessung auswalzen [1]).

Die Ständer der mittelgrossen und kleinen Triowalzwerke, wie sie zur Darstellung des Feineisens seit langer Zeit in Anwendung waren, unterscheiden sich von den Ständern des Zweiwalzensystems ohne entlastete Oberwalze vornehmlich durch die erforderlichen drei Lager, welche meistens durch Stellschrauben auch in horizontaler Richtung — parallel der Walzwerksachse — sich verstellen lassen, um eine ganz genaue Lage der Walzen zu ermöglichen. Auf dem Oberlager der Unterwalze ruht das Lager der Mittelwalze und auf diesem gewöhnlich das Lager der Oberwalze, ohne an Schraubenbolzen aufgehangen zu sein, wie das Oberwalzenlager der Duowalzwerke ohne Gewichtsausgleichung. Damit der zwischen zwei Walzen beim Durchgehen des Walzstücks erzeugte Druck nicht auf den Zapfen der dritten Walze übertragen werde und dadurch einen vergrösserten Reibungswiderstand hervorrufe, sind zwischen die Lagerhälften aller drei Walzen Holzstücke eingeschoben, welche deren Näherung verhindern und den entstehenden Druck, er möge zwischen Ober- und Mittelwalze oder zwischen Mittel- und Unterwalze hervorgerufen sein, durch die Lager nach der Druckschraube und dem Ständerfusse hin fortpflanzen, ohne den dritten Zapfen zu beeinflussen.

Bei Triowalzwerken für schwere Gegenstände, deren Anwendung erst in der neuern Zeit sich mehr und mehr Bahn gebrochen hat, macht man vielfach die Entfernung der Walzen unter einander verstellbar, wie es bei den Duowalzwerken für Bleche bereits beschrieben wurde. Insbesondere sind derartige Walzwerke auf nordamerikanischen Eisenwerken für die erste Formveränderung und Verdichtung der für Anfertigung von Eisenbahnschienen bestimmten Bessemerblöcke (Ingots) als die schon erwähnten Blooming-mills (Luppenwalzwerke, vergl. S. 497) in Gebrauch und man unterscheidet dabei zwei Systeme:

Die mittlere Walze liegt fest, die obere und untere sind verstellbar — System Fritz;

die obere und untere Walze liegen fest, die mittlere wird verstellt — System Holley.

---

[1]) Vergl. Tunner: Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten, S. 134.

Letzteres System ist einfacher und deshalb das häufiger angewendete[1]). Das Fritz'sche Walzwerk hat diesem gegenüber den Vortheil, dass in Folge des Festliegens der Mittelwalze die mit dieser verkuppelte Antriebswelle durch die Verstellung der Walzen gänzlich unbeeinflusst bleibt; der dadurch vermiedene Uebelstand des Holley'schen Walzwerks dürfte jedoch nicht schwer genug sich geltend machen, um den Vortheil grösserer Einfachheit auszugleichen.

Das Heben und Senken der Walzen erfolgt bei beiden Walzwerkssystemen durch starke Schraubenspindeln. Bei dem Fritz'schen Walzwerke sind die Gewichte der Ober- und Unterwalze durch Gegengewichte in der früher beschriebenen Anordnung für Duowalzwerke ausgeglichen; die metallene Schraubenmutter für die Schraube der Oberwalze befindet sich wie gewöhnlich im Kopfe des Ständers, die für die Stellung der Unterwalze bestimmte Schraube ist aber nach unten gerichtet und ihre Schraubenmutter befindet sich in dem entsprechend construirten Ständerfusse. Durch zwei Stirnräder an einer senkrechten, am Ständer befestigten Welle erhalten die auf den Enden der Schraubenspindeln befindlichen Getriebe eine gleichzeitige Drehung, so dass Ober- und Unterwalzenlager gemeinschaftlich der Mittelwalze genähert oder davon entfernt werden; die Bewegung jener senkrechten Welle kann sowohl von Hand als durch Frictionskupplungen von der Welle der Betriebsmaschine aus in beiden Richtungen bewirkt werden. Von dem einen Ständer aus wird die Bewegung der Schrauben durch eine horizontale Welle mit Winkelrädern in der früher geschilderten Weise auf den zweiten Ständer des Walzgerüsts übertragen[2]).

Bei dem Holley'schen Walzwerke wird das zweitheilige Lager der Mittelwalze durch zwei Schraubenspindeln mit rechtem und linkem Gewinde bewegt, welche durch Bohrungen des Oberwalzenlagers hindurchgehen, in dem Ständerkopfe wie in dem festliegenden Unterwalzenlager drehbar und ohne Gewinde befestigt sind, so dass sie sich zwar drehen, aber nicht in ihrer Achsenrichtung verschieben lassen, innerhalb der beiden Lagerhälften der Mittelwalze aber von Muttergewinden derartig umschlossen sind, dass bei Drehung der Schraubenspindeln das Mittelwalzenlager in der Achsenrichtung der Schrauben bewegt werden muss. Zur Bewirkung dieser Drehung (welche beide in einem Ständer befindliche Schrauben in entgegengesetzter Richtung auszuführen haben, weil sie entgegengesetzte Gewinde besitzen) sind ihre Enden oberhalb der Ständer wieder mit Stirnrädern versehen; zwei parallele, mit einander verbundene horizontale Zahnstangen werden in der Richtung der Walzwerksachse zwischen den Schraubenspindeln durch einen hydraulischen Cylinder bewegt, während jede derselben die zwei einander ent-

---

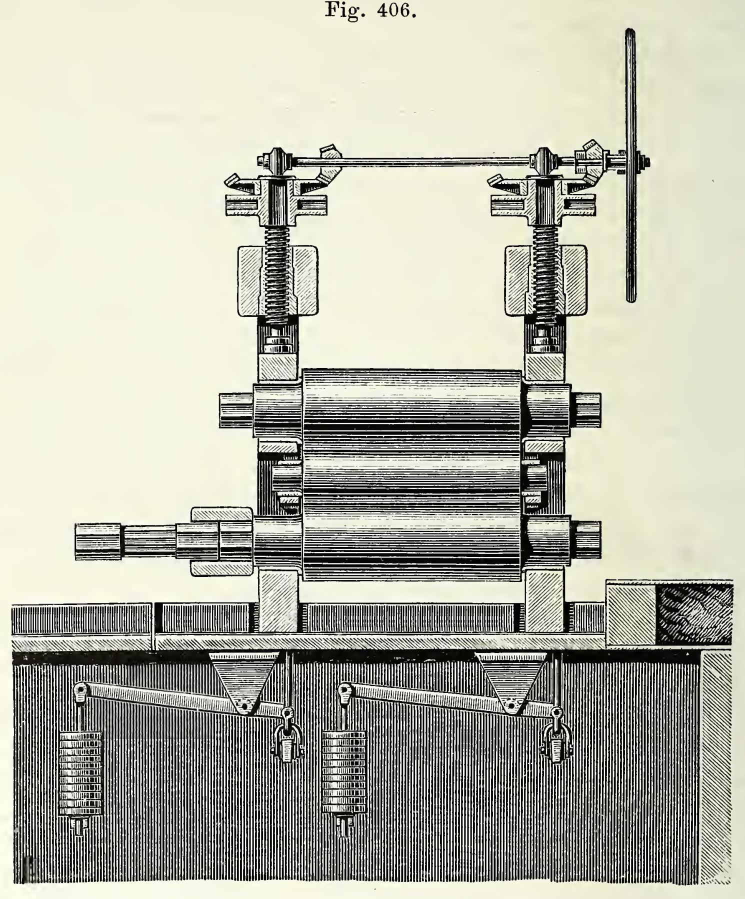
[1]) Tunner: Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten, S. 94.

[2]) Abbildung des Fritz'schen Walzwerkes, siehe Journal of the Iron and Steel Institute, Jahrgang 1874, Nr. II.

sprechenden Spindeln zweier zusammengehöriger Walzwerksständer vermittelst Eingriffs in die aufgekeilten Stirnräder erfasst und dreht. Das Gewicht der Oberwalze ist in gewöhnlicher Weise ausgeglichen [1]).

Unter der Benennung Lauth'sches Walzwerk ist seit einigen Jahren zum Walzen von Blechen ein Triowalzwerk in Anwendung, bei welcher die

Fig. 406.



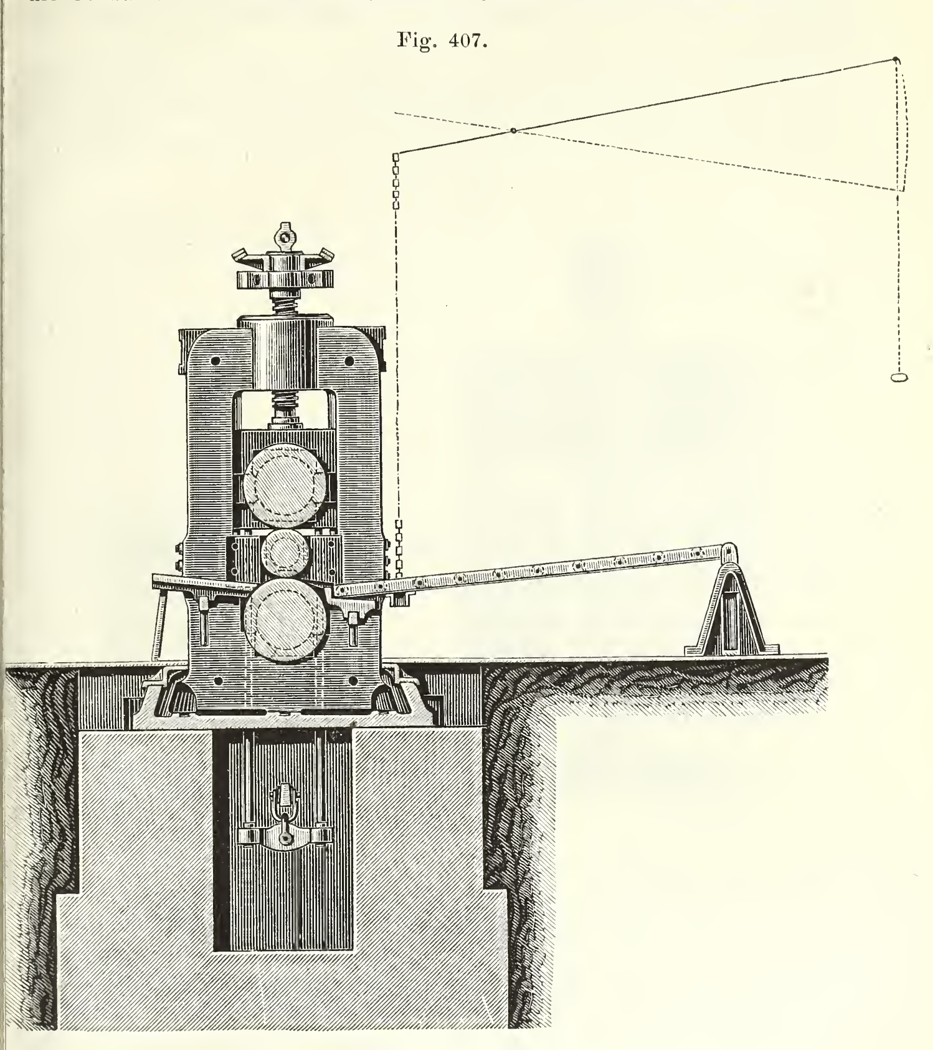
Mittelwalze nur ungefähr den halben Durchmesser der Ober- und Unterwalze besitzt. Die Mittelwalze ist Schleppwalze und wird durch die Reibung der andern mitgenommen; um der Ober- und Unterwalze die gleiche Bewegungsrichtung zu geben, muss das Walzwerk wie jedes andere Triowalzwerk drei Kammwalzen besitzen, von denen die obere und untere mit Ober- und Unterwalze gekuppelt sind, während die

---

[1]) Abbildungen des Holley'schen Walzwerkes, siehe Tunner op. cit. Taf. I und III.

mittlere nur als Zwischenrad dient, oder man kuppelt auch nur eine der Walzen, und zwar die untere, ohne Einschaltung von Getrieben an die Betriebswelle und lässt die beiden anderen durch die Reibung mitnehmen. Durch eine solche Anordnung einer kleinern Mittelwalze wird die Construction des Ganzen vereinfacht und die Höhe für das Anheben

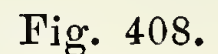
Fig. 407.

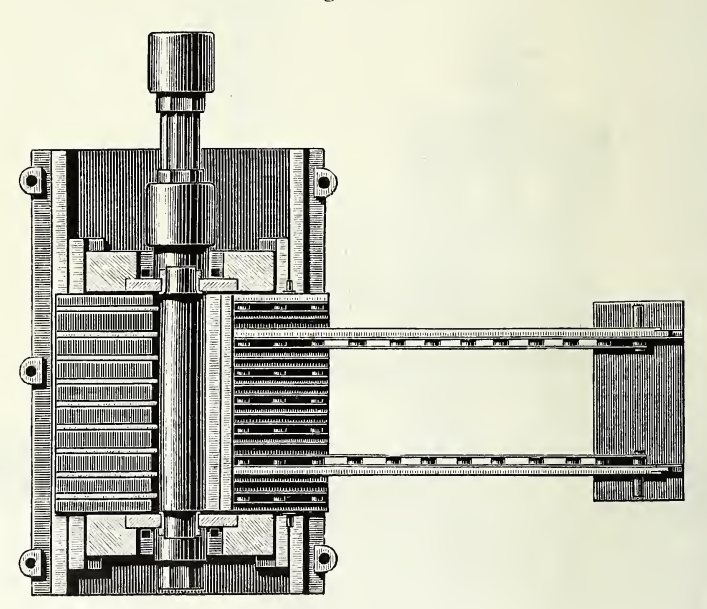


des Walzstücks beim Zurückgeben verringert. Das Gewicht der Oberwalze ist wie gewöhnlich ausgeglichen, die Mittelwalze kann entweder durch einen besondern Bewegungsmechanismus gehoben werden, wenn das Blech unterhalb desselben durchgeht, und es hat sich die Anwendung von Seilverbindungen für dieses Heben der Mittelwalze recht gut

bewährt, oder sie ruht mit ihrem vollen Gewichte auf der Unterwalze, und wird allein durch das hindurchgehende Blech gehoben, was bei Feinblechwalzwerken mit Walzen von geringerm Gewichte immerhin die zweckmässigste Einrichtung sein dürfte. Beim Anheben drückt die Mittelwalze gegen die Oberwalze, und die Druckschraube der letztern regulirt somit auch den erreichbaren Abstand zwischen Mittel- und Unterwalze.

Ein Walzwerk der letztern Art in der Blechwalzhütte des Eisenwerks in Riesa, von der Märkischen Maschinenbauanstalt in Wetter a. d. Ruhr gebaut, ist in den Figuren 406 bis 408 in $^1/_{64}$ der wirklichen Grösse ab-


Fig. 408.



gebildet. Die Unterwalze ist gekuppelt, Mittel- und Oberwalze werden geschleppt. Die Mittelwalze bewegt sich mit ihren Lagern frei in einem Rahmen; wird das Blech zwischen Unter- und Mittelwalze eingesteckt, so hebt sich die letztere und legt sich gegen die Oberwalze, deren Gewicht durch die in den Figuren 406 und 407 ersichtlichen Gegengewichte theilweise ausgeglichen ist; geschieht das Einstecken zwischen Mittel- und Oberwalze, so wird die erstere nach unten gedrückt und durch die Reibung der Unterwalze geschleppt [1]).

[1]) Abbildung eines Lauth'schen Walzwerkes mit Anhub der Mittelwalze durch Seilaufzug: Revue universelle, Tome 37, Pl. 28; daraus Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Jahrgang 1875, Nr. 44.

Für ganz feine Bleche unter $1/2$ Mm. Stärke hat man auch Lauth'sche Walzwerke mit vier Walzen in Anwendung gebracht, deren beide mittlere schwächer im Durchmesser sind und von Ober- und Unterwalze geschleppt werden.

Die Lauth'schen Walzwerke haben sich als recht zweckmässig zum Walzen feinerer Bleche erwiesen; für stärkere Blechsorten (Kesselbleche) dagegen scheinen sie sich besonders in Rücksicht auf die raschere Abnutzung der schwächern Mittelwalze weniger bewährt zu haben.

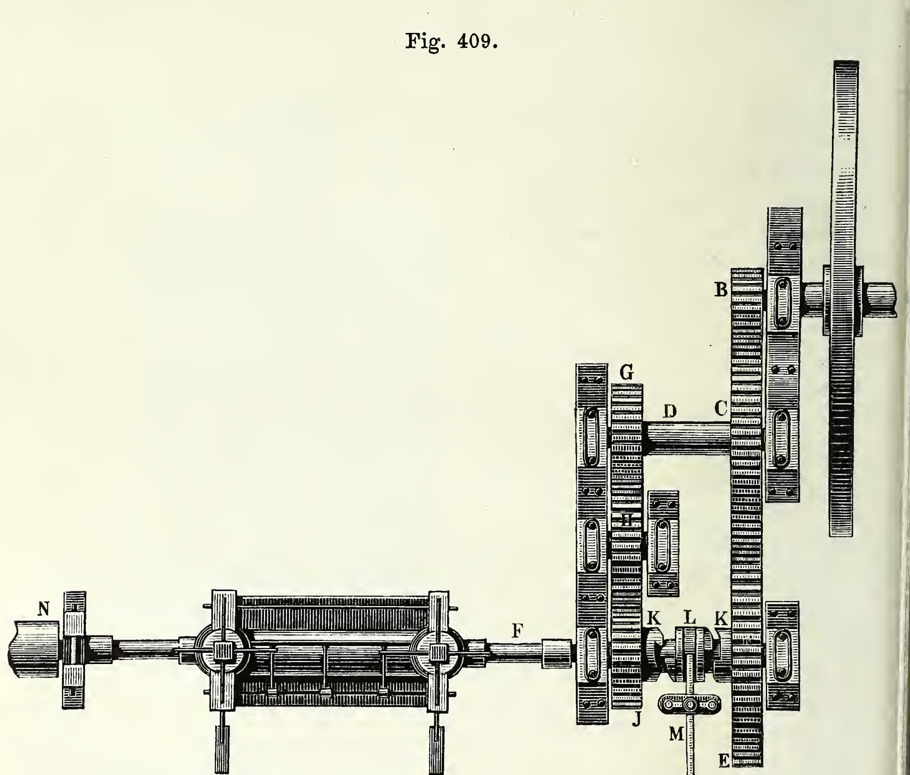
## Kehrwalzwerke.

Wenn man dem Walzenpaare eines Duowalzwerks eine entgegengesetzte Bewegungsrichtung ertheilt, nachdem das Walzstück die Walzen verlassen hat, so ist man im Stande, das letztere abermals, ohne es überheben zu müssen, zwischen den Walzen hindurchzuführen. Solche Walzwerke mit abwechselnder Bewegungsrichtung zu dem Zwecke, vorwärts und rückwärts zu walzen, nennt man Kehrwalzwerke, Reversirwalzwerke, Walzwerke mit Wechseldrehung. Vor den Triowalzwerken haben sie den Vortheil voraus, dass die Zeit und Arbeit für das Anheben des Walzstücks sowie der bei schweren Stücken für dieses Anheben erforderliche Apparat erspart wird; ferner, dass die Erhitzung und Abnutzung der Walzen eine gleichmässige ist, während bei den Triowalzwerken die Mittelwalze, welche doppelt so oft als die beiden anderen mit dem Walzstücke in Berührung kommt, stärker als diese erhitzt und rascher abgenutzt wird. Sie würden jedenfalls wegen dieser unleugbaren Vortheile eine viel ausgedehntere Anwendung gefunden haben und der Ausbreitung der Triowalzwerke viel hinderlicher gewesen sein, wenn nicht eben die rasche Ausführung jener Umkehr mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft wäre, wie sich leicht bei Betrachtung des Ganges eines Walzwerks von selbst ergeben wird. Denn in den sich drehenden Theilen des Walzwerks ist eine beträchtliche lebendige Kraft enthalten, welche bei dem plötzlichen Stillstande vernichtet und bei dem Beginne der entgegengesetzten Drehung von Neuem erzeugt werden muss. Insbesondere ist es vor Allem unmöglich, auch dem Schwungrade entsprechend rasch die Wechseldrehung mitzutheilen, und man steht daher bei Anwendung solcher Kehrwalzwerke vor der Wahl, entweder ohne Schwungrad zu arbeiten oder zwischen Schwungrad und Walzwerk eine derartig construirte doppelte Kupplung einzuschalten, welche die Umkehr der Walzwerksbewegung gestattet, ohne dass die Bewegung des Schwungrads geändert zu werden braucht.

In dem erstern Falle muss die Betriebsmaschine selbst umgesteuert werden, wodurch für die Construction derselben besondere Erfordernisse sich geltend machen. Wegen des fehlenden Schwungrads benutzt man eine Zwillingsmaschine mit zwei Dampfcylindern, deren Kurbeln in einen rechten Winkel gegen einander gestellt sind. Die Steuerung muss ver-

stellbar sein, so dass eine beiden Drehungsrichtungen entsprechende Dampfvertheilung hervorgerufen werden kann; da bei der Grösse des auf dem Steuerungsschieber lastenden Dampfdrucks ein Umsteuern von Hand unmöglich sein würde, muss der Steuerungshebel durch eine besondere kleine Dampfmaschine bewegt werden, welche nun ihrerseits von Hand gesteuert wird. Die Leistung der Betriebsmaschine muss in Rücksicht darauf, dass dieselbe die volle Arbeit während des Durchganges des Walzstücks durch die Walzen zu leisten hat, und die wohlthätige Wir-

Fig. 409.




kung des Schwungrads als Arbeitssammler fehlt, gegen dreimal so beträchtlich sein, als bei Walzwerken mit Schwungrad. Hierin liegt die schwächste Seite dieser Art Walzwerke, denn mit der Grösse der Dampfmaschine wachsen die Anlage- und Betriebskosten in beträchtlicher Weise. Endlich wächst der Dampfverbrauch noch durch den Umstand, dass man Expansion des Dampfs nur in beschränktem Maasse anwenden kann, um nicht bei Umsteuerung an bestimmte Kurbelstellungen gebunden zu sein.

Die Art und Weise, in welcher in dem zweiten Falle — bei Anwendung einer Maschine mit Schwungrad — die Umkehr der Walz-

werksbewegung erfolgt, wird durch die Abbildung Fig. 409 erläutert. Auf der rechts ersichtlichen Schwungradwelle sitzt das Getriebe *B* mit 15 Zähnen. Dieses greift in ein Zahnrad *C* mit 60 Zähnen, welches auf einer Vorgelegewelle *D* befestigt ist, und in ein drittes Rad *E* von gleicher Grösse eingreift, welches lose auf seiner Welle *F* sitzt. Letztere ist zugleich die Triebwelle des Walzwerks. Auf der Vorlegewelle *D* ist ferner ein zweites Rad *G* mit 30 Zähnen befestigt, welches in ein Rad *H* von derselben Grösse eingreift; dasselbe sitzt auf einer besondern Welle und dient zur Uebertragung der Bewegung auf ein drittes Zahnrad *J* von derselben Grösse, welches ebenso wie *E* lose auf der Welle *F* sich dreht.

An den Naben der Räder *E* und *J* sind Klauen *K* angegossen. Zwischen denselben sitzt auf der Welle *F* ein verschiebbarer Klauenmuff *L*, welcher wie gewöhnlich durch Nuth und Feder mit der Welle verbunden ist, diese also beim Umdrehen mitnimmt, und mit Hülfe eines Hebels *M* seitwärts verschoben werden kann. Je nachdem der Muff *L* mit dem Rade *E* oder *J* verbunden ist, muss daher die Welle *F* der Bewegung des einen Rades in einer Richtung oder derjenigen des andern, welches durch Anwendung des Zwischenrads *H* sich in entgegengesetzter Richtung dreht, folgen.

Die Umkehrung der Walzwerksdrehung in der zuletzt geschilderten Weise besitzt den Vortheil der Einfachheit in der Anlage und Handhabung, und dem gewöhnlich geringern Dampfverbrauche gegenüber der Anwendung von Zwillingsmaschinen ohne Schwungrad. Sie ist deshalb die für Kehrwalzwerke gebräuchlichere. Ihre schwache Seite liegt in den unvermeidlichen heftigen Stössen, welche bei dem Umsteuern vermittelst der Klauenkupplung erzeugt werden und nicht selten Brüche in den Kupplungs- oder anderen Theilen der Maschine zur Folge haben. Die Stösse werden um so heftiger, die Gefahr für den Bruch um so grösser werden, je rascher die Drehung und je grösser das Gewicht der in Umtrieb befindlichen Theile ist. Man hat in Rücksicht hierauf statt der Klauenkuppelungen verschiedene andere Kuppelungsvorrichtungen vorgeschlagen, meistens Frictionskuppelungen, ohne dass jedoch, wie es scheint, bis jetzt eine allseitig befriedigende Lösung der Aufgabe gefunden wäre, eine rasche und sichere Umsteuerung ohne Stösse zu bewirken.

## Universalwalzwerke.

Die unangenehme Nothwendigkeit, für Anfertigung von Eisensorten mit abweichenden Querschnitten eine grosse Anzahl entsprechend kalibrirter Walzen in Vorrath halten zu müssen, gab dem Ingenieur Daelen in Hoerde Veranlassung zur Erfindung eines Walzwerks, dazu bestimmt, Eisensorten mit rechteckigem, aber beliebig grossem, Querschnitte ohne besondere Kaliber fertig zu walzen. Dasselbe enthält wie ein gewöhn-

liches Blechwalzwerk zwei horizontale glatte Walzen, deren obere verstellbar ist, und welche die horizontalen Begrenzungsflächen des Walz-

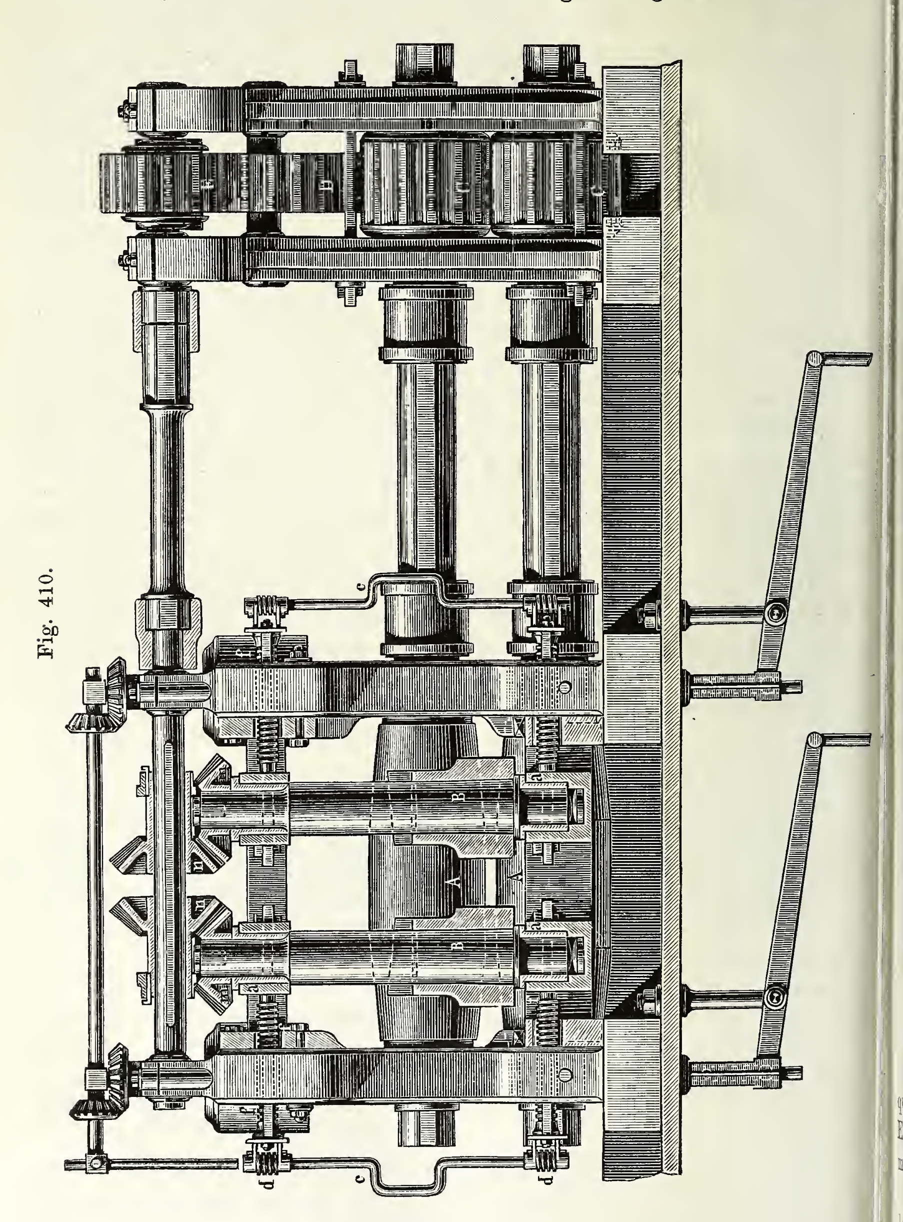
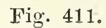


Fig. 410.

stücks auszubilden haben; unmittelbar vor oder hinter denselben befinden sich zwei verticale, ebenfalls glatte und verstellbare Walzen zur Ausbildung der senkrechten Begrenzungsflächen. Es ist einleuchtend,

dass man mit Hülfe dieser vier Walzen jeden Querschnitt darstellen kann, dessen Umrisse parallel den Walzenachsen, dessen Form also

Fig. 411.

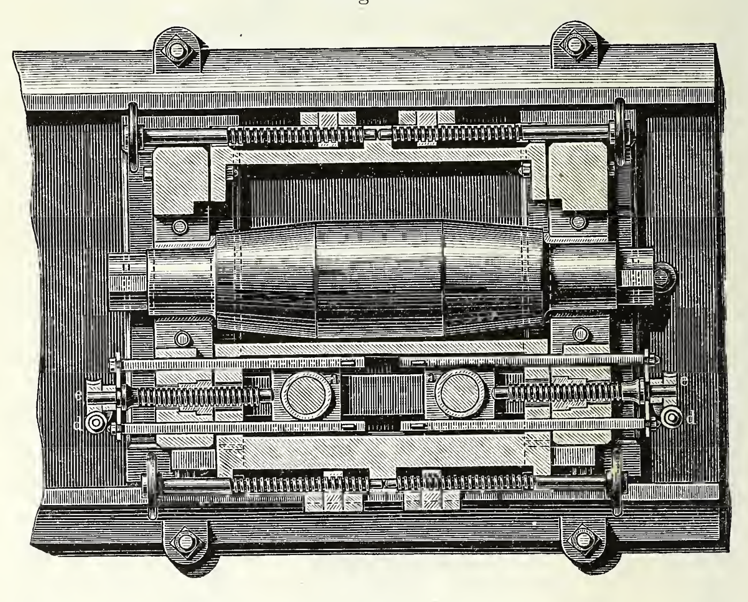



quadratisch oder rechteckig ist; ja man ist im Stande, selbst façonnirte Eisensorten darzustellen, wenn man die eine oder andere der Walzen mit einer entsprechenden Kalibrirung versieht.

Die Abbildungen Fig. 410 bis 412 stellen ein solches Walzwerk in $^1/_{32}$ der wirklichen Grösse dar. *A A* sind die horizontalen, *B B* die verticalen Walzen. Die Bewegung der ersteren erfolgt durch die beiden Getriebe *C C*. Das obere derselben greift in ein drittes grösseres Zahnrad *D* und dieses wieder in ein viertes, *E*, dessen Achse in der Vertical-

ebene mit den Achsen der beiden Walzen *B B* in einem seitlich angegossenen Ansatze des Getriebeständers gelagert ist. Von *E* aus erfolgt durch die in Fig 410 ersichtliche horizontale Welle vermittelst der Winkelräder *n* und *m* die Uebertragung der Bewegung auf die senkrechten Walzen. Letztere sind aus Gussstahl gefertigt und auf den senkrechten Wellen in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise befestigt. Die horizontalen Schraubenspindeln *f f* sind durch Bügel und Keile mit den Lagern *a a* verbunden, welche jene Wellen stützen, und stecken in metallenen Hülsen mit Muttergewinde, welche in den Walzenständern befestigt sind. Durch Drehung der Schrauben erfolgt mithin Verstellung der Walzen. Dieselbe wird durch die gekröpften Spindeln *c c* bewirkt, welche vermittelst zweier Schnecken *d d* die auf den Enden der Schrauben befindlichen Schneckenrädchen *e e* und somit die Schrauben selbst in Drehung versetzen. Damit bei der horizontalen Fortbewegung der Schraube die Schnecken nicht ausser Eingriff kommen, sind die Lager

Fig. 412.




der Spindeln *c c* mit einer Hülse über die Enden der Schraubenspindeln geschoben und machen die Horizontalbewegung derselben mit (vergl. Fig. 412). Die Winkelräder *n n* sind durch Nuth und Feder mit der horizontalen Welle verbunden und werden auf derselben durch die Achsen der Walzen verschoben, sobald eine Verstellung der letzteren eintritt. Die Verstellung der horizontalen Walzen erfolgt in gewöhnlicher und aus den Abbildungen ersichtlicher Weise.

Bei anderen Universalwalzwerken hat man die Transmissionswelle für die Bewegung der senkrechten Walzen an den Fuss des Ständers

verlegt und den Antrieb derselben unmittelbar von einem auf dem Zapfen der Unterwalze befestigten Stirnrade aus bewirkt [1]).

Ob die senkrechten Walzen vor oder hinter den wagerechten angebracht sind, darüber ist keine feststehende Regel vorhanden, Stehen sie vor denselben, so muss ihre Umfangsgeschwindigkeit sich zu derjenigen der wagerechten Walzen annähernd verhalten, wie die kürzere Länge des eintretenden Stabes zu der grössern des austretenden; stehen sie hinter denselben, so müssen sie ein wenig rascher umlaufen als die horizontalen Walzen, weil das austretende Ende des Stabes der Walze um ein Geringes vorauseilt. Bei zu rascher Bewegung im erstern, bei zu langsamer im zweiten Falle würde demnach ein Stauchen oder Biegen des Stabes eintreten. Zur Regelung dieser Bewegungsverhältnisse, welche bei verschiedenen Querschnitten erheblich abweichen können, ist das Getriebe $E$ mit seiner Welle nicht fest, sondern nur durch zwei seitliche Frictionsscheiben verbunden (vergl. Fig. 410), welche eine Verlangsamung der Bewegung eintreten lassen, sobald der Widerstand zwischen den Walzen wächst. Im Allgemeinen zieht man die Anordnung der senkrechten Walzen vor den horizontalen vor, weil in diesem Falle die durch den Druck der ersteren Walzen etwa enstandenen Wulste an den langen Kanten des Walzstücks in den horizontalen Walzen wieder ausgeglichen werden.

Das Universalwalzwerk dient vornehmlich zur Anfertigung der gröbsten Sorten Flacheisen bis zu solcher Breite, dass sie schon den Uebergang zu den Blechen bilden, oder auch als solche gezählt werden. Es erfordert geschicktere Handhabung als ein gewöhnliches Kaliberwalzwerk, ist aber besonders da vielfach in Anwendung, wo sehr verschiedene Abmessungen von groben Flacheisen hergestellt werden müssen. Bei den breiteren Sorten desselben, welche man sonst in Blechwalzwerken fertigt, spricht der Umstand für das Universalwalzwerk, dass die Bleche oder Stäbe bei der ersterwähnten Anfertigung unregelmässig geformte Ränder besitzen, welche durch Abschneiden entfernt werden müssen, auf dem Universalwalzwerke aber regelmässig ausgebildet werden können.

Für Anfertigung kleinerer Sorten Flacheisen zieht man durchweg Staffelwalzen oder Kaliberwalzen vor.

Jedes Universalwalzwerk dient nur zum Fertigwalzen und muss demnach durch ein Walzgerüst mit einem Paar gewöhnlicher Vorwalzen ergänzt werden.

---

[1]) Abbildung eines solchen Universalwalzwerks siehe Petzholdt, Eisenbahnmaterial, Taf. XII, Fig. 1 bis 3.

## Walzwerke zur Herstellung ringförmiger Körper oder Kopfwalzwerke.

Um einen geschlossenen ringförmigen Körper auf dem Walzwerke zu strecken, seinen Querschnitt zu verringern, seinen Durchmesser zu vergrössern, muss offenbar die Bearbeitung in solcher Weise stattfinden, dass der Körper über die eine von zwei Walzen übergeschoben, von dieser an der Innenseite, von der andern an der Aussenseite bearbeitet wird. Dieses Ueberschieben würde nun nicht möglich sein, wenn die Walzen, wie die bisher beschriebenen, mit beiden Enden in Gerüstständern auflagern, und das Walzwerk muss schon in Rücksicht hierauf eine von den bisher besprochenen Walzwerken erheblich abweichende Einrichtung erhalten.

Nun wird man zwar im Allgemeinen, wo es irgend angeht, ringförmige Körper in solcher Weise herzustellen suchen, dass ein zu dem Querschnitte des fertigen Gegenstands ausgewalzter Stab zu einem Ringe zusammengebogen und die beiden Enden durch Schweissen, Löthen oder dergleichen vereinigt werden; es kommt aber auch vor, dass entweder der geschweisste Ring doch noch einem Vollendungprocesse zwischen Walzen unterworfen werden muss, oder auch, dass man in Rücksicht auf die Verwendung des Gegenstandes jene Vereinigung durch Schweissen u. s. w. überhaupt zu vermeiden sucht, es vielmehr vorzieht, diesen aus einem Metallstücke herzustellen, welches entweder ringförmig gegossen oder durch Lochen (Aufhauen), Weiten und Schmieden über den Dorn vermittelst des Dampfhammers in Ringform gestreckt worden war. Diese Fälle sind vorzugsweise häufig bei Anfertigung der eisernen oder stählernen Radreifen für Eisenbahnfahrzeuge, und man nennt deshalb derartige Walzwerke dieser speciellen Bestimmung zufolge Reifenwalzwerke, leider und unnöthigerweise noch häufiger mit einem Fremdworte Tyres- oder Bandagenwalzwerke.

Die eine der beiden Walzen eines solchen Walzwerks ist verstellbar, um durch allmälige Näherung die Querschnittsverkleinerung und Streckung auszuführen; diese Näherung wird durch hydraulischen Druck bewirkt.

Meistens sind zwei Walzgerüste vorhanden, von denen das eine zum Vorwalzen, das andere zum Fertigwalzen dient, sofern nicht der Reifen durch den Dampfhammer mit entsprechend profilirter Bahn auf einem geeignet geformten Amboshorne vorgeschmiedet wird.

Bei den Vollendwalzen pflegt nur die eine Walze mit der Betriebswelle gekuppelt, die andere Schleppwalze zu sein, da es hier von Wichtigkeit ist, dass die Umfangsgeschwindigkeiten jeder der beiden Walzen den (etwas verschiedenen) Umfangsgeschwindigkeiten der Innen- und Aussenseite des Reifens gleich seien; die Vorwalzen dagegen, sind gewöhnlich beide gekuppelt, da der rohe Reifen nicht in die Kaliber passt,

unrund und ungleich dick ist, und deshalb von einer einzigen Walze nicht gern mitgenommen wird.

Man unterscheidet horizontale und verticale Reifenwalzwerke. Bei den horizontalen dienen zwei Gerüstständer zur Unterstützung der Walzen; in Folge des schon erwähnten Umstandes aber, dass der Reifen nicht über die Walzen geschoben werden könnte, wenn dieselben, wie bei gewöhnlichen Walzwerken, zwischen den Ständern befindlich wären, befinden sich die ohnehin kurzen Walzen kopfartig an den frei aus den Ständern herausragenden Enden der Wellen, und man nennt in Folge dieser Anordnung solche horizontale Reifenwalzwerke vorzugsweise Kopfwalzwerke.

Aus dieser Einrichtung folgt aber, dass nicht, wie bei anderen Walzwerken, mehrere Walzgerüste mit einander gekuppelt werden können, sondern ein jedes derselben durch eine besondere Wellenleitung mit der Betriebsmaschine verbunden werden muss.

Häufiger als die horizontalen Reifenwalzwerke sind im Ganzen die verticalen, und man findet mehrfache Constructionen derselben. Entweder man hat, wie bei dem oben abgebildeten Horizontalwalzwerke, zwei getrennte Gerüste, von denen das eine zum Vorwalzen, das andere zum Fertigwalzen dient; oder man versieht die Walze, welche zur Ausbildung der Aussenfläche des Reifens dient, mit mehreren Kalibern über einander zum Vor- und Fertigwalzen (während die zweite Walze glatt ist); der Reifen liegt auf einem durch hydraulischen Druck in der Höhenrichtung verstellbaren Tische und wird mit diesem in die verschiedenen Kaliber gehoben; oder endlich, man hat neben einer flachen Walze mehrere Kaliberwalzen, welche der Reihe nach mit jener in Zusammenwirkung gebracht werden können.

Ein Walzwerk der zweiten Art, von Tarrot, Walker u. Co. in Leeds im Jahre 1872 für die Eisenhütte Phoenix zu Laar bei Ruhrort gebaut, zeigen die Abbildungen Fig. 413 und 414 [1]).

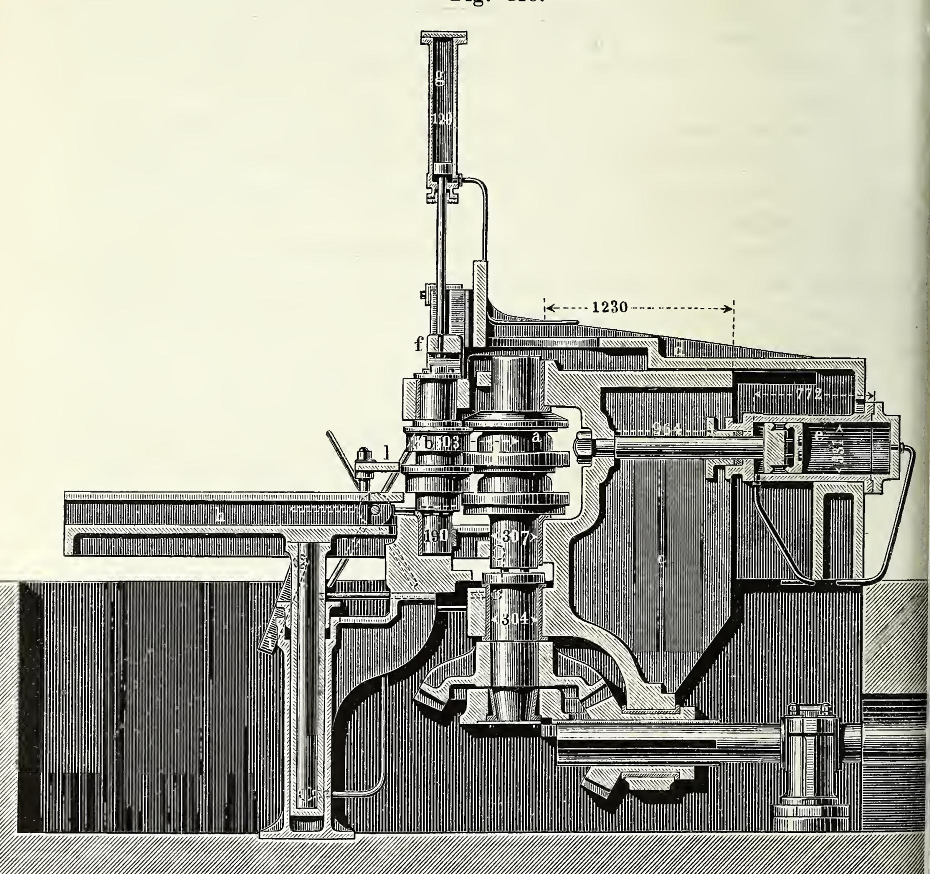
*a* und *b* in Fig. 413 sind die beiden Walzen, von denen die erstere ihren Antrieb durch ein Paar Winkelräder von der unten befindlichen horizontalen Welle aus erhält, während *b* Schleppwalze ist. Das auf der horizontalen Welle sitzende Winkelrad ist durch lange Nuth und Feder mit dieser verbunden, so dass es sich auf der Welle verschieben lässt, ohne in der Drehung beeinflusst zu werden. Die Walzen haben zwei Kaliber; das untere dient zum Vorwalzen, das obere zum Fertigwalzen. Die Walze *a* ist nun in einem gusseisernen Schlitten *c* gelagert, welcher mit Führungsleisten in dem Gehäuse *d* in wagerechter Richtung verschiebbar ist und dessen Bewegung durch den Kolben des hydraulischen Cylinders *e* erfolgt. Es kann somit die Walze *a* gegen *b* genähert und von derselben entfernt werden. Bei der Verschiebung des

---

[1]) Nach einer von der Direction genannter Eisenhütte dem Verfasser gütigst überlassenen Zeichnung.

Schlittens nimmt derselbe, wie aus der Abbildung ersichtlich ist, das auf der Betriebswelle befindliche Winkelrad mit. Der obere Zapfen der Walze *b* dagegen ist drehbar in einem gusseisernen Lager befestigt, welches mit einem darüber befindlichen Querstücke *f* in einem Stücke gegossen ist und mit demselben in senkrechten Führungen auf und nieder bewegt werden kann, welche an der Stirn des Gehäuses *d* an-

Fig. 413.

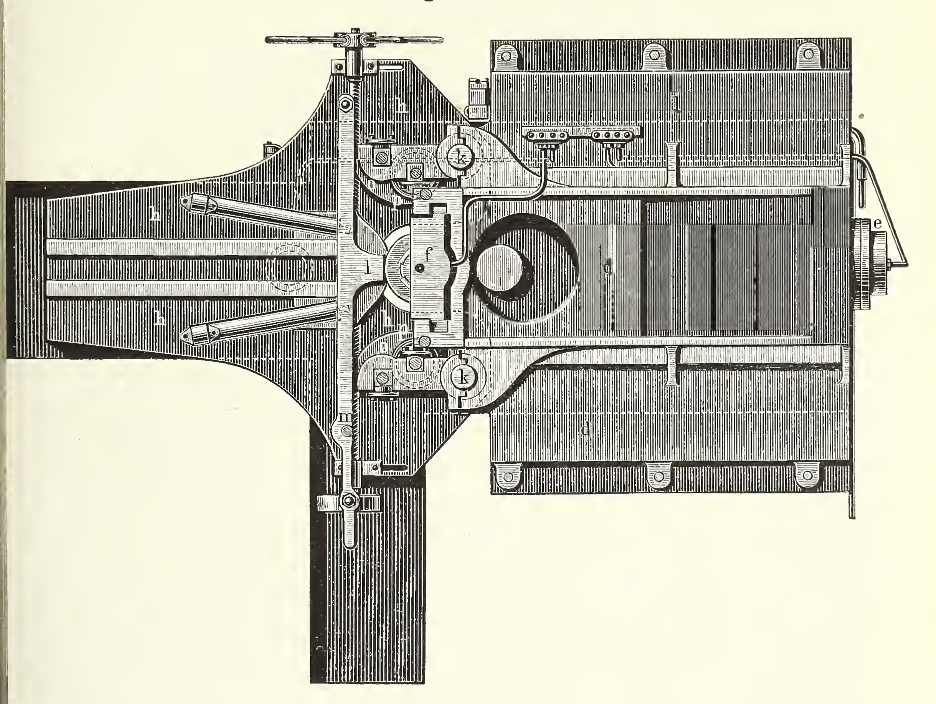



gegossen sind (vergl. Fig. 414). Der untere Zapfen von *b* ruht in einem feststehenden mit *d* verbundenen Lager derartig, dass die Walze sich ohne Schwierigkeit aus dem Lager emporheben und wieder einsetzen lässt. Das senkrechte Anheben der Walze ist erforderlich, um den Reifen ein- und ausbringen zu können. Die Bewegung wird durch den Kolben des hydraulischen Cylinders *g* bewirkt, der mit angegossenen Leisten auf zwei schmiedeeisernen Säulchen ruht und mit denselben vom

Gussstücke *d* getragen wird. In dem Aufrisse Fig. 413 ist das eine dieser Säulchen durch die Kolbenstange des hydraulischen Cylinders verdeckt; im Grundrisse Fig. 414 erscheinen sie durchschnitten als zwei kleine Kreise.

Vor den Walzen befindet sich nun der gusseiserne Tisch *h*, getragen von dem Kolben eines dritten hydraulischen Cylinders und mit demsel-

Fig. 414.



ben in senkrechter Richtung beweglich, um den Reifen aus dem Vor- in das Fertigkaliber heben zu können, nachdem die Walze *a* zurückgezogen worden ist. Zur Normirung der richtigen Stellung des Tischs für das Fertigkaliber befindet sich an dem hydraulischen Kolben eine drehbare Stütze *i*, welche mit Hülfe einer horizontalen Zugstange und eines an dem Ende derselben befindlichen in Fig. 413 punktirt gezeichneten Handhebels in senkrechte Stellung gebracht wird, sobald der Kolben seinen höchsten Stand erreicht, und sich hierbei auf einen am hydraulischen Cylinder angegossenen Bord aufstellt, somit das Zurücksinken des Kolbens verhindernd und die genaue Höhenlage des Tischs bestimmend. Zur Verhinderung einer seitlichen Drehung des Tischs wird derselbe an zwei senkrechten in dem Gussstücke *d* befestigten gusseisernen Stangen *k k* (Fig. 414) geführt. Auf der Tischplatte sind zwei Leisten aufgegossen, auf welchen der Reifen vorgeschoben und

zurückgeführt wird, um die Berührungsfläche mit dem Tische und somit die Reibung zu verringern; während des Walzens ruht derselbe auf zwei horizontalen, neben den Leisten gelagerten, radial gerichteten Walzen (vergl. Fig. 414), deren Oberkante ein wenig höher liegt als die Oberkante der Leisten, so dass bei der kreisförmigen Bewegung des Reifens die gleitende Reibung in rollende verwandelt wird. Zur Verhinderung einer Hebung des Reifens während des Walzens dient endlich der horizontale Hebel *l*, welcher über denselben geschoben wird, sobald er seine richtige Lage erhalten hat, an dem einen Ende sich um einen senkrechten Bolzen dreht und bei *m* (Fig. 414) durch eine Flügelmutter auf einem zweiten Bolzen festgeklemmt wird. Um die horizontale Bewegung dieses Hebels zu sichern, ruht das äusserste Ende desselben mit einem Bügel auf der Achse eines Laufrads *n*.

Die oben erwähnten, eine Drehung des Tischs verhindernden senkrechten Stangen *k k* dienen ausserdem als Drehungsachsen für die gusseisernen Lagerböcke *o o* der zwei Centrirrollen *p p* (Fig. 414). Die Centrirrollen haben 300 Mm. im Durchmesser. Jeder Lagerbock enthält, wie in der Abbildung zu ersehen ist, zwei Lager, um nach Maassgabe des Durchmessers des auszuwalzenden Reifens die Rolle in das eine oder andere derselben einsetzen zu können. Das andere Ende der Lagerböcke *o o* trägt eine Schraubenmutter, welche die auf beiden Enden des Tischs gelagerte, in der Abbildung ersichtliche Schraubenspindel mit rechtem und linkem Gewinde umschliesst. Durch Drehung der Schraubenspindel, welche mit Hülfe der auf ihrem einen Ende befestigten Arme bewirkt wird, erfolgt also Näherung oder Entfernung der Centrirrollen von einander. Da aber die Drehung der Lagerböcke um die festen Achsen *k k* nicht möglich ist, ohne eine geringe Verschiebung der Schraubenspindel normal gegen ihre Achsenrichtung zu bewirken, so ist der Fuss jedes der beiden Spindellager in einem Schlitze der Tischplatte in der angegebenen Richtung verschiebbar. Aus einem ähnlichen, leicht erkennbaren Grunde sind die für die Bewegung der Lagerböcke dienenden Schraubenmuttern mit Drehungszapfen in denselben befestigt. Es ist selbstverständlich, dass sowohl die Centrirrollen als die Schraubenspindel mit dem Tische gehoben und gesenkt, und deshalb ebensowohl für die Arbeit im untern als obern Kaliber benutzt werden.

Die Walzen dieses Walzwerks machen 50 Umdrehungen per Minute. In einer 12 stündigen Schicht walzt man mit Benutzung eines Siemens'schen Gasofens 55 Stück, mit Benutzung zweier Oefen 70 bis 80 Stück Reifen (Normalbandagen) aus. Das Walzen eines Reifens incl. der Pause zum Anheben aus dem untern in das obere Kaliber dauert $3^1/_2$ Minuten. Die hydraulischen Cylinder werden mit Wasser von 45 Atmosphären Druck betrieben.

Als Betriebsmaschinen für die Reifenwalzwerke pflegt man in Rücksicht auf den Umstand, dass das Auswalzen eines eingebrachten Reifens

zwischen zwei Walzen ohne Unterbrechung fortgeht, das Schwungrad also sehr bald seine Leistung erschöpft haben würde und demnach seine eigentliche Bestimmung nicht erfüllen kann, Zwillingsmaschinen ohne Schwungrad zu benutzen. Das in den Figuren 413 und 414 abgebildete Walzwerk der Eisenhütte Phoenix besitzt eine Zwillingsmaschine mit einem horizontalen und einem verticalen Dampfcylinder von 658 Mm. Durchmesser, 324 Mm. Hub, deren Schubstangen auf einen gemeinsamen Kurbelzapfen arbeiten. Die Normaldampfspannung beträgt ca. drei Atmosphären.

## Arbeitsverbrauch beim Walzen.

Derselbe und somit die von der Betriebsmaschine zu leistende Arbeit ist nach Vorausgehendem von sehr vielen Umständen abhängig. Für den Arbeitsverbrauch entscheiden zunächst die Härte des Metalls auf der einen und das Maass der Querschnittsverkleinerung beim einmaligen Durchgange zwischen den Walzen auf der andern Seite; für die Arbeitsleistung der Betriebsmaschine sprechen ausserdem noch mit: die Grösse der Pausen zwischen den einzelnen Durchgängen, die Anzahl der Walzgerüste, welche zu einem gemeinschaftlichen Walzwerke gehören, da mit der Anzahl derselben die Widerstände durch Reibung wachsen, die Anzahl der Durchgänge, welche gleichzeitig in mehreren Walzgerüsten stattfinden, die Grösse des Schwungrads u. a.

Es würde ein nutzloses Beginnen sein, durch theoretische Berechnungen aus allen diesen Factoren die erforderliche Arbeitsleistung der Betriebsmaschine ermitteln zu wollen. Man kann lediglich auf praktischen Erfahrungsresultaten fussen.

| Man rechnet an erforderlicher Betriebskraft | Durchsch. Pfdstkn. |
|---|---|
| für Grobeisen- und Mittelstrecken mit drei Walzgerüsten und 75 Umgängen per Minute | 75 |
| „ Feineisenwalzwerke mit drei bis fünf Walzgerüsten und 200 Umgängen per Minute | 50 |
| „ Schnellwalzwerke mit fünf bis sieben Walzgerüsten und 400 Umgängen per Minute | 130 |
| „ Schienenwalzwerke mit 100 Umgängen | 250 |
| „ kleine Blechwalzwerke zu Schwarzblech bis zu 5 Mm. Stärke mit 40 Umgängen per Minute | 20 |
| „ Kesselblechwalzwerke mit 30 Umgängen per Minute | 70 |
| „ Walzwerke zu Panzerplatten, 30 Mm. stark, 2,5 M. breit, mit 30 Umgängen per Minute | 250 |
| „ Kupferblechwalzwerke mit Walzen von 450 Mm. Durchmesser 2 M. lg., 40 Umgänge per Minute | 20 |
| „ Messingwalzwerke mit Walzen von 400 Mm. Durchmesser, 1 M. Länge | 30 |

| | | Durchsch. Pfdstkn. |
|---|---|---|
| für | Kehrwalzwerke mit Zwillingsmaschine zum Umsteuern und ohne Schwungrad . . . . . . . . . . . . . . | 600 |
| „ | Reifenwalzwerke mit Zwillingsmaschine ohne Schwungrad | 350 |

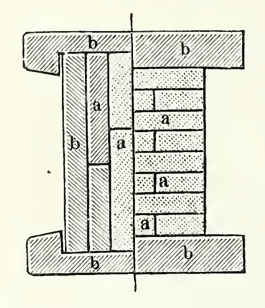
u. s. f.

## Das Arbeitsverfahren.

Da die Formgebung beim Walzen lediglich von der Form der Walzen und Kaliber abhängig ist, so ist der manuellen Geschicklichkeit des Arbeiters in dieser Beziehung ein geringerer Spielraum gegeben als bei der Formgebung durch Hämmern. Die Arbeiten bestehen im Wesentlichen aus der Vorbereitung des Materials (Sortiren, Packetiren, Erhitzen), dem Einbringen in die Walzen, wobei eine der Beschaffenheit des Materials entsprechende Wahl in der Aufeinanderfolge der Kaliber erheblich zur Beschleunigung des Processes beizutragen vermag, dem Ergreifen und Zurückgeben des herauskommenden Walzstücks, Drehen desselben und Wiedereinbringen.

Bei dem Walzen von Schmiedeeisen verbindet man einen Schweiss- und Verdichtungsprocess mit der Formgebung, indem man aus schon roh bearbeiteten Stäben (Rohschienen), Abfällen und Alteisen Packete in der schon beim Hämmern beschriebenen Art und Weise zusammenlegt, diese zunächst in Vorkalibern (Schweisskalibern) zusammenschweisst und dann weiter ausreckt. Meistens ist der Querschnitt des Packets quadratisch, und zum Zusammenschweissen dienen Spitzbogenkaliber; bisweilen giebt man auch dem Packete schon einen dem fertigen Gegenstande ähnlichen Querschnitt und erleichtert dadurch die Kalibrirung der Walzen. Ein Beispiel hierfür kann die Abbildung Fig. 415 geben, welches die Packetirung für grosses Doppelt-T-Eisen in zweierlei Weise ausgeführt zeigt. Ebenso giebt Fig. 416 ein Beispiel, wie man Abfälle von façonnirtem Eisen mit anderen zusammenlegen und wieder verarbeiten kann.

Fig. 415.



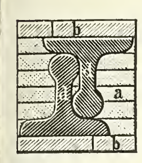

Wie schon früher erwähnt, wird in solchen Fällen, wo es auf grosse Dichtigkeit ankommt, das Schweissen unter Hämmern und erst die eigentliche Formgebung unter Walzen ausgeführt, z. B. bei Anfertigung von Eisenblechen.

Ebenso wird Stahl unter Hämmern geschweisst. Auch gegossener Stahl (Tiegelgussstahl, Bessemer- und Martinstahl) erhält auf deutschen Eisenwerken meistens erst einen Verdichtungsprocess unter Hämmern, ehe er den Walzen übergeben wird; auf nordamerikanischen Eisenwerken werden dagegen die gegossenen Stahlblöcke für die Schienenfabrika-

tion ohne Weiteres in den beschriebenen grossen Vorwalzwerken (Blooming-mills) ausgewalzt.

Andere Metalle als Eisen und Stahl pflegt man nur höchst selten in kalibrirten Walzen zu verarbeiten, sondern beschränkt sich auf die Herstellung von Blechen aus diesen Metallen, welche nach Erforderniss durch Zerschneiden in Stabform gebracht werden können. Alle diese Metalle werden aus gegossenen Platten in den Walzwerken weiter verarbeitet, entweder ohne sonstige Zwischenarbeit, oder, wie es z. B. bei Herstellung von Kupfer-, Messing-, Neusilberblech bisweilen geschieht, nach vorausgegangener Verdichtung unter dem Hammer.

Fig. 416.




Kupfer und Bronze werden in dunkler Rothgluth, Gold, Silber, Messing, Neusilber, Blei, Zinn, Zink kalt gewalzt [1]). Bei den kalt gewalzten Metallen ist zwischen den einzelnen Durchgängen ein um so öfteres Ausglühen erforderlich, je rascher sie ihre Dehnbarkeit verlieren. Messing und Neusilber müssen anfänglich nach jedem Durchgange geglüht werden; Gold und Silber um so öfter, je stärker sie legirt sind; Zink wird nach beendigtem Walzen auf 150 Grad erwärmt. Blei und Zinn bedürfen keines Ausglühens.

Bei sämmtlichen Metallen, welche zu Blechen verarbeitet werden, pflegt man, wenn die Verdünnung einen gewissen Grad erreicht hat, zur Beschleunigung der Arbeit zwei oder auch mehrere Tafeln auf einander zu legen oder eine lange Tafel in der Mitte zusammenzubiegen und so gedoppelt zwischen den Walzen hindurchgehen zu lassen.

Zur Ausführung der Arbeiten pflegen mindestens fünf Arbeiter erforderlich zu sein, welche das Einstecken, Zurückreichen und die Verstellung der Walzen besorgen.

Wie schon bei den Arbeitseigenschaften der Metalle hervorgehoben wurde, lassen sich verschiedenartige Metalle mit einander vereinigen, wenn sie mit metallisch reiner Oberfläche auf einander gepresst werden. Diese Eigenschaft findet Anwendung bei der Anfertigung plattirter Bleche.

Der am häufigsten in dieser Beziehung vorkommende Fall ist die Herstellung von Kupferblechen, welche mit Gold oder Silber plattirt sind. Eine auf eine Stärke von 12 bis 20 Mm. ausgewalzte Platte aus dem reinsten Kupfer wird durch Schaben an der Oberfläche vollständig gereinigt und mit einer ebenfalls vollständig reinen Gold- oder Silberplatte aus möglichst feinem Metalle belegt, deren Ränder um die Ränder

---

[1]) Zink wird nicht selten schwach angewärmt; da die Temperatur beim Walzen sich steigert, würde man bei zu starker vorausgegangener Erwärmung Gefahr laufen, dass eine Erhitzung über jene Grenze eintritt, wo das Zink seine Dehnbarkeit verliert.

der Kupferplatte umgeklopft werden. Die mechanische Reinigung an den Berührungsflächen muss, wenn Vereinigung stattfinden soll, mit äusserster Sorgfalt bewirkt, jede Berührung mit den Fingern vermieden worden sein. Zur Erleichterung der Vereinigung giebt man der Kupferoberfläche vor dem Auflegen der Gold- und Silberplatte einen dünnen Gold- oder Silberüberzug durch Bestreichen mit einer concentrirten Lösung von Goldchlorid, beziehentlich Silbernitrat. Die beiden aufeinander gelegten Metallplatten werden vorsichtig zur Rothgluth erwärmt und dann die Oberfläche anhaltend mit einer eisernen Krücke gerieben, um ein dichtes Aneinanderlegen zu bewirken. Wenn man sich durch Anschlagen mit einem Hammer an die herausgenommene Platte überzeugt hat, dass in solcher Weise alle hohlen Stellen beseitigt sind, lässt man sie rasch mehrere Male durch das Walzwerk unter jedesmaliger Näherung der Walzen hindurchgehen, wodurch eine vollständig feste Verbindung erreicht wird, und walzt sie später kalt zu der verlangten Stärke aus.

Ebenso kann man Blei mit Zinn plattiren, indem man zwei ganz reine Platten dieser Metalle auf einander legt und zusammen in dem Walzwerke ausstreckt.

---

## Literatur.

Ueber sämmtliche Arten von Walzwerken:

J. v. Hauer, Die Hüttenwesensmaschinen, 2. Auflage, enthält von S. 478 bis 572 für die verschiedenen Arten und einzelnen Theile der Walzwerke in klarer Darstellungsweise Beschreibungen und Constructionsregeln, welche in Vorstehendem mehrfach benutzt wurden.

Abbildungen ausgeführter Walzwerke:

Jordan, Album du cours de métallurgie, Taf. 89 bis 103; Blechwalzwerke, Taf. 114 bis 117, 119, 120.

Zeichnungen der „Hütte", Jahrgang, 1861, Blatt 18 a bis x, 1863, Blatt 4 a bis d, 1864, Blatt 3, 1865, Blatt 2.

Wiebe, Skizzenbuch, Jahrgang 1867, Heft 2 (Neusilberwalzwerk), Jahrgang 1868, Heft 1 (Messingwalzwerk), Jahrgang 1875, Heft 5 (Messingwalzwerk).

Ueber Walzenkalibrirung:

Tunner, Ueber die Walzenkalibrirung für die Eisenfabrikation, Leipzig 1867 (nebst Atlas von 10 Tafeln).

Daelen, Hollenberg und Diekmann, Die Kalibrirung der Eisenwalzen. Drei von dem Vereine zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen gekrönte Preisschriften; abgedruckt in den Verhandlungen des genannten Vereins, Jahrgang 1869, und im Separatabdrucke bei Nicolai in Berlin in mehreren Auflagen erschienen.

Abbildungen ausgeführter Kalibrirungen ausserdem in den Zeichnungen der „Hütte“, Jahrgang 1864, Blatt 37; Jahrgang 1862, Blatt 8, a bis c; in Petzoldt, Eisenbahnmaterial, Taf. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 23, 24.

Ueber Vor- und Rückwärtswalzen:

Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Jahrgang 1872, S. 49 (Tunner); Zeitschrift deutscher Ingenieure, Jahrgang 1875, Seite 98.

Ueber Radreifenwalzwerke und deren Anwendung:

v. Rittinger, Erfahrungen im berg- und hüttenmännischen Maschinenwesen, Jahrgang 1867, S. 28 (Schmidthammer); Jahrgang 1869, S. 15 (derselbe).

v. Kerpely, Fortschritte der Eisenhüttentechnik, Jahrgang 1870, S. 359 bis 364.

Ueber das Arbeitsverfahren beim Walzen geben die Lehrbücher der Eisenhüttenkunde von Karsten, Flachat, Valerius u. A. meistens ausführliche Beschreibungen; ebenso Ansiaux und Masion, Handbuch über die Fabrikation des Puddeleisens und Puddelstahls, deutsch von Hartmann. Verfasser hält es jedoch für geboten, auch hier wieder seine Ansicht dahin auszusprechen, dass das eigentliche Arbeitsverfahren sich niemals aus Lehrbüchern, sondern nur durch eigene praktische Thätigkeit erlernen lassen wird, und hofft daher, dass die oben gegebene allgemeine Darstellung desselben für das erste Verständniss der vorkommenden Arbeiten genügen dürfte.

---

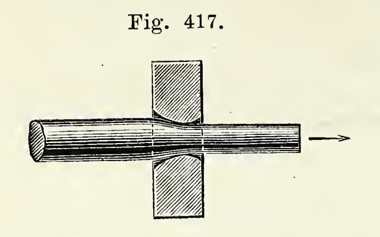
## D. Ziehbänke.

Die formverändernde Arbeit, welche man mit dem Namen Ziehen bezeichnet, entsteht, wenn ein stabförmiger Körper mit seinem einen etwas zugespitzten Ende durch eine engere Oeffnung als sein eigener Querschnitt ist, hindurchgesteckt und nun durch eine an dem durchgesteckten Ende angreifende Zugkraft in seiner ganzen Länge durch jene Oeffnung hindurchgezogen wird, wie es Fig. 417 a. f. S. darstellt. Es findet also auch hier eine Querschnittsverdünnung und eine entsprechende Längenausdehnung statt; die Molecüle verschieben sich in solcher Weise, dass die nach dem Mittelpunkte zunächst liegenden Theile den übrigen voraneilen, welche zurückgedrängt werden, und der Körper setzt einer Trennung seiner Theilchen in dem durchgezogenen Ende seine Zerreissungsfestigkeit entgegen. Aber auch ein Zusammendrücken innerhalb der verengten Oeffnung ist unvermeidlich, und vermöge der Elasticität des

gezogenen Körpers ist der Querschnitt desselben, nachdem er die Zieh-öffnung passirt hat, stets ein wenig grösser als diese.

Die Kraft, welche erforderlich ist, jene Querschnittsverdünnung beim Ziehen hervorzubringen, wächst mit der Differenz der Querschnitte vor und nach dem Ziehen; sie ist abhängig von der Härte des zu ziehenden Körpers (welche mit der Formveränderung zunimmt), von der Geschwindigkeit der Bewegung, von der Form und Beschaffenheit des Ziehlochs. Ein schlank konisches, trichterförmiges Loch wird das Hindurchziehen leichter machen, als ein solches, bei welchem die Querschnittsverengung in plötzlichem Uebergange stattfindet; ein Loch, dessen Innenfläche glatt ausgearbeitet und mit Fett überzogen ist, wird dem Hindurchziehen einen geringern Reibungswiderstand entgegensetzen als eins mit rauhen Flächen.

Fig. 417.



Wenn jene Kraft zum Hindurchziehen grösser als die Zerreissungsfestigkeit des Stabes in dem hindurchgezogenen Theile ist, so tritt Zerreissung ein. Hieraus folgt, dass die Querschnittsabnahme in einer Ziehöffnung in erster Reihe von der Zerreissungsfestigkeit des Metalls, in zweiter von der verfügbaren Zugkraft abhängig sein muss, dass also für erheblichere Querschnittsverkleinerungen viele Ziehlöcher nach einander angewendet werden müssen, wie man bei der Formveränderung durch Walzen das Arbeitsstück durch eine grössere Anzahl Kaliber hindurchgehen lassen musste. Das lineare Abnahmeverhältniss der Ziehlöcher (der Verdünnungsfactor) beträgt durchschnittlich

| | |
|---|---|
| bei Schmiedeeisen . . . . . . . . . . . | 0,90 |
| „ Stahl . . . . . . . . . . . . . | 0,95 |
| „ Messing und Kupfer . . . . . . . | 0,925 |
| „ Silber . . . . . . . . . . . . . | 0,85 |

d. h. der Durchmesser jeder folgenden Oeffnung verkleinert sich um so viel als die obige Zahl angiebt, wobei angenommen ist, dass das Ziehen — wie es meistens der Fall ist — in der Kälte geschieht.

Ein Ziehen des e r h i t z t e n Metalls findet nur in besonderen Fällen statt (schmiedeeiserne Röhren, welche beim Ziehen geschweisst werden), weil durch die Erhitzung die Zerreissungsfestigkeit in beträchtlicherm Maasse abzunehmen pflegt, als der Widerstand, den das Metall dem Ziehen entgegensetzt.

Wenn — wie es annähernd stets üblich ist — das obige Abnahmeverhältniss in den Ziehöffnungen auch bei fortschreitender Verdünnung das nämliche bleibt, so folgt, dass die aufzuwendende Kraft, sofern alle übrigen Verhältnisse die nämlichen bleiben, immer geringer wird. Denn wenn z. B. jenes Abnahmeverhältniss 0,9 ist, und der Durchmesser eines

kreisrunden Stabes von 6 Mm. sich demnach auf 0,9 × 6 = 5,4 Mm verringert, so findet eine Querschnittsverdünnung von $6^2 \frac{\pi}{4} - 5{,}4^2 \frac{\pi}{4} = 5{,}37$ Quadratmillimeter statt; verringert sich aber der Durchmesser eines kreisrunden Stabes von nur 2 Mm. Durchmesser auf 0,9 × 2 = 1,8 Millimeter, so ist die Querschnittsverdünnung nur $2^2 \frac{\pi}{4} - 1{,}8^2 \frac{\pi}{4} = 0{,}6$ Quadratmillimeter, und die erforderlichen Zugkräfte würden sich demnach annähernd wie 5,37 : 0,6 verhalten können.

Da nun aber die aufgewendete Zugkraft bei einem und demselben Ziehwerke unveränderlich, ein wachsendes Abnahmeverhältniss der Ziehlöcher ebenfalls nicht thunlich ist, so wächst dementsprechend die Schnelligkeit des Hindurchziehens mit abnehmendem Durchmesser und schwankt nach dem Querschnitte des Arbeitsstücks von 0,2 bis 2 M. per Secunde.

Man zieht entweder volle Stäbe, meistens mit kreisrundem Querschnitte und nennt das Endproduct Draht; oder man zieht hohle, meistens cylinderförmige Körper — Röhren.

Aus dem Vorausgegangenen folgt, dass der zum Ziehen der Metalle dienende Apparat als wichtigsten Theil eine aus genügend hartem Materiale gefertigte Platte mit den Oeffnungen zum Ziehen — Ziehlöchern — enthalten muss; diese Platte wird das Zieheisen genannt; dass ferner eine — meistens durch Elementarkraft betriebene — Vorrichtung vorhanden sein muss, um den Metallstab durch die Oeffnung hindurchzuführen. Das Ziehen wird stets in horizontaler Richtung bewirkt und muss genau in der Achsenrichtung des Ziehloches erfolgen, wenn nicht Gefahr für das Abreissen entstehen und ein einseitiges Ausschleifen des Loches die Folge sein soll. Das Zieheisen wie die erwähnte Vorrichtung für die Arbeit des Ziehens sind gemeiniglich auf einer hölzernen oder eisernen Bank angebracht, und den Inbegriff des Ganzen nennt man Ziehbank.

Nach der Art und Weise, wie der Zug auf das Metall ausgeübt wird, unterscheidet man Schleppzangen-Ziehbänke und Scheiben- oder Leier-Ziehbänke.

## Schleppzangen-Ziehbänke.

In den Figuren 418 und 419 (a. f. S.) ist eine Schleppzangen-Ziehbank zum Ziehen von Kupfer und Messingröhren in der Fabrik der Herren Florian Liebelt u. Comp. in Chemnitz abgebildet.

Die endlose Kette *a a* ist auf der einen Seite über das verzahnte Rad *b* geführt, welches durch die Getriebe *c* und *d* in Umdrehung versetzt wird, und somit auch der Kette ihre Bewegung ertheilt; auf der andern Seite ist die Kette einfach über das Rad ohne Zähne *e* geführt. Die Lagerböcke für die Wellen der beiden genannten Räder dienen

34*

Fig. 418.

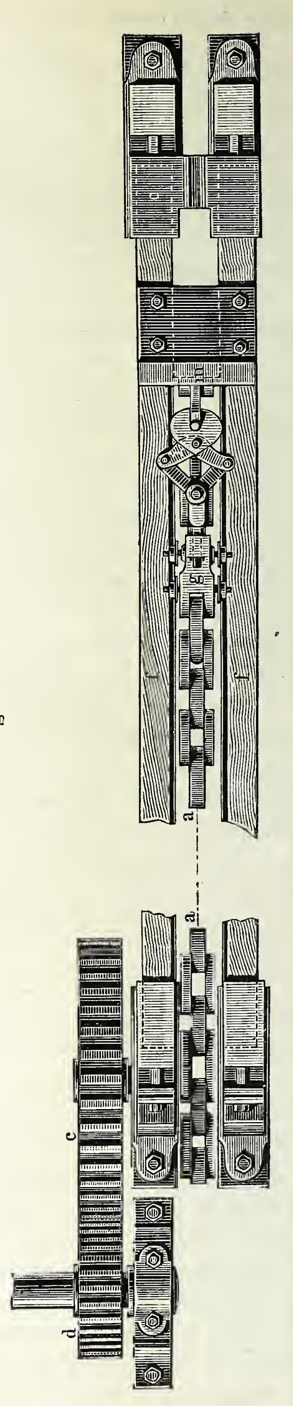


Fig. 419.

zugleich zur Unterstützung zweier horizontaler hölzerner Balken *ff*, welche die eigentliche Bank bilden. Dieselben sind jenseits der Lager des Rades *e* fortgesetzt und endigen in einem dritten Paar Lager auf der rechten Seite. An der obern Seite sind sie mit Flacheisenschienen beschlagen und auf den letzteren läuft ein kleiner gusseiserner, vierrädriger Wagen *g*. Durch einen Bolzen und Splint ist der Wagen mit der Zange *i* verbunden, deren Maul sich schliesst, sobald der Wagen nach links bewegt wird, und dadurch einen Zug auf die Schenkel der Zange ausübt. Auf der andern Seite des Wagens befindet sich, durch ein Gelenk mit demselben verbunden, der gekrümmte Finger *k*, welcher die Verbindung des Wagens mit der umlaufenden Kette bewirkt, sobald er über eins der mittleren Kettenglieder übergeworfen wird. Wenn aber das Kettenglied, auf dem Rade *b* angelangt, abwärts gehende Bewegungsrichtung annimmt, löst sich der Finger in Folge dieser veränderten Lage aus der Verbindung, das Gegengewicht *l* wirft ihn sofort empor und macht dadurch den Wagen völlig von der Kette frei, ein Hinabziehen desselben verhütend. Letztere Gefahr wird ausserdem dadurch vermieden, dass der Wagen im letzten Stande an eine Platte der gusseisernen Schuhe stösst, in welchen die Balken *ff* lagern. Der Wagen sammt der Zange kann nun leicht von Hand zurückgeführt und am Anfange der Bahn aufs Neue in die umlaufende Kette eingeklinkt werden.

Unmittelbar hinter dem äussersten Angriffspunkte der Zange befindet sich das Zieheisen *m*, mit breiter gusseiserner Platte auf den Holzbalken festgeschraubt, und in dasselbe hinein ragt der an einer schmiedeeisernen Stange befindliche „Dorn" *n* zur Begrenzung der lichten Weite der zu ziehenden Röhren. Es ist aus den Abbildungen ersichtlich, wie die Stange des Dorns mit dem andern Ende in einem Schlitze des Lagers *o* aufruht, so dass sie sich, um das zu ziehende Rohr einzubringen, nach rechts zurückziehen lässt. Dieser ganze rechts befindliche Theil der Bank ist natürlich entbehrlich und kann wegfallen, wenn die Anwendung des Dorns beim Ziehen nicht erforderlich ist, also auch bei allen Drähten und auch bei solchen Röhren, die ohne Dorn gezogen werden (z. B. eiserne Röhren).

Bei den Schleppzangen-Ziehbänken ist die Länge jedes Zuges durch die Länge der Bank bestimmt; sollen längere Gegenstände gezogen werden, so muss, nachdem das entsprechende Stück durchgezogen worden ist, die Zange zurückgeführt, und aufs Neue an dem aus dem Ziehloche hervorragenden Ende angesetzt werden. Dadurch entsteht ein Zeitverlust und auf dem gezogenen Arbeitsstücke zeigen sich, in den bestimmten Abständen wiederkehrend, deutlich sichtbar die Spuren der Zangenbisse.

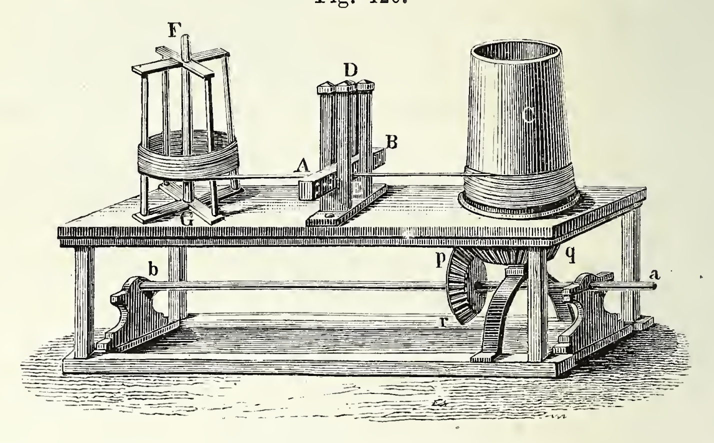
Beide Umstände vereinigen sich, die Schleppzangen-Ziehbank zu einem ungeeigneten Geräthe zum Ziehen dünnerer Drähte zu machen, zum Drahtziehen ist sie nur dann in Anwendung, wenn ein sehr be-

trächtlicher Durchmesser des Arbeitsstücks die Anwendung der sogleich zu beschreibenden Scheibenziehbank nicht gestattet, bei welcher ein Biegen desselben in Ringform Erforderniss ist. Drähte mit solchen grossen Durchmessern werden jedoch überhaupt nur ausnahmsweise durch Ziehen dargestellt werden. Aus demselben Grunde ist aber die Schleppzangen-Ziehbank unentbehrlich zum Ziehen von Röhren, deren Länge ohnehin eine sehr beschränkte ist, so dass hier die Länge der Bank ohne Schwierigkeit dem Bedürfnisse angepasst werden kann.

## Scheiben- oder Leierziehbänke.

Eine solche ist in perspectivischer Ansicht in Fig. 420 abgebildet. Auf der hölzernen Bank *G* befindet sich an der einen Seite der Haspel

Fig. 420.



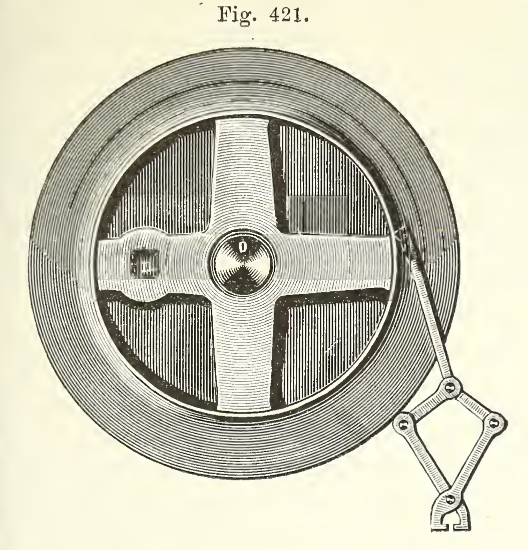

oder Hut *F*, welcher den Ring des zu ziehenden Drahts trägt, und um eine senkrechte, in der Bank befestigte eiserne Achse sich dreht. Auf der andern Seite der Bank ist die Leier, Trommel oder Rolle *C* aus Gusseisen befindlich, gleichfalls drehbar und von der unterhalb der Bank gelagerten Betriebswelle *a* aus vermittelst der Winkelräder *p* und *q* bewegt, deren letzteres auf der Achse der Leier *C* befestigt ist. Ungefähr in der Mitte zwischen Haspel und Leier steht der Ständer *D* mit dem Zieheisen *B*, welches innerhalb desselben verschiebbar ist, um nach Erforderniss die Benutzung verschiedener Löcher möglich zu machen.

Selbstverständlich wird, wenn das eine Ende des Drahts angespitzt, durch das Zieheisen hindurchgesteckt und an *C* befestigt wird, der ganze Draht sich allmälig von *F* ab und auf *C* aufwickeln, und dabei eine entsprechende Streckung und Querschnittsverdünnung erfahren, sobald *C* in Bewegung versetzt wird.

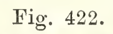
Die Trommel *C* pflegt mit einer Vorrichtung versehen zu sein, um

sie leicht ausser und in Bewegung setzen zu können, ohne dass die Drehung der Welle *a*, welche gewöhnlich eine grössere Anzahl Trommeln zu treiben hat, dadurch beeinflusst wird. Die Einrichtung ist eine solche, dass nach beendigtem Durchgange des Drahts durch das Ziehloch selbstthätige Ausrückung erfolgt.

Fig. 421.




Die Figuren 421, 422 und 423 zeigen eine der für diesen Zweck üblichen Constructionen in $^1/_{12}$ der wirklichen Grösse. Die gusseiserne Trommel dreht sich lose auf der senkrechten Welle *o*. Unmittelbar unter der Trommel ist die Scheibe *p* auf der Welle befestigt, deren Form im Grundrisse sich aus Fig. 423 ergiebt. Die Trommel trägt den Stift *n* mit einer Spiralfeder versehen, welche ihm das Bestreben ertheilt, den höchsten Stand wie in Fig. 422 einzunehmen. In dieser Stellung dreht sich nur die Welle *o* mit der Scheibe *p* und die Trommel steht still. Drückt man aber den erwähnten Stift mit Hilfe des an seinem obern Ende befindlichen Knopfs nach unten, so wird das andere Ende desselben alsbald von einer der beiden auf *p* aufgegossenen Rippen erfasst und die ganze Trommel somit in Umlauf versetzt werden. Die Spannung,


Fig. 422.

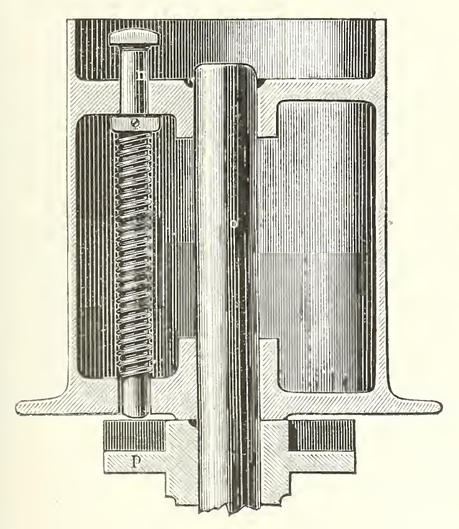
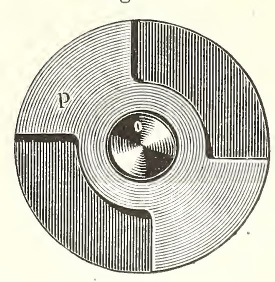



Fig. 423.



welche der durch das Ziehloch hindurchgehende Draht gegen die Trommel ausübt, ruft dabei eine so beträchtliche Reibung zwischen dem Stifte und der Rippe *p* hervor, dass ersterer in seiner Stellung verharrt, auch nachdem die Hand den Knopf losgelassen hat; sobald aber das Ende des Drahts das Ziehloch verlassen hat, hört die Spannung auf, der Stift schnellt empor und die Trommel steht still.

Zur Befestigung des Drahts an der Trommel dient gewöhnlich eine kleine Zange oberhalb des untern Randes derselben, welche in ganz ähnlicher Weise wie die Zange der oben beschriebenen Schleppzangen-Ziehbank das Drahtende erfasst und hinter sich drein zieht, so lange durch Drehung der Trommel die zum Schliessen der Zange erforderliche Spannung erzeugt wird (vergl. Fig. 421).

### Das Zieheisen.

Dasselbe pflegt für das Ziehen von Drähten aus einer Gussstahlplatte zu bestehen, in welcher die Ziehlöcher von verschiedener Grösse eingearbeitet sind. Es wurde schon erwähnt, dass diese Ziehlöcher genau gearbeitet und innen glatt sein müssen, damit die Arbeit erleichtert werde und ein fehlerfreies Product entstehen könne. Nach hinten erweitern sie sich in schlank konischer Form, in der Mitte befindet sich ein kurzes cylindrisches Stück, dessen Durchmesser die erfolgende Verdünnung bewirkt, nach vorn findet wieder eine kürzere Erweiterung statt, um das Austreten zu erleichtern (vergl. Fig. 417). Die vordere Oeffnung heisst das Auge des Zieheisens. Die Stärke des Zieheisens beträgt nach dem Durchmesser der Drahtsorten 4 bis 25 Mm.; ein einziges Zieheisen enthält oft bis 100 Löcher.

Für sehr feine Drähte aus Gold und Silber benutzt man bisweilen statt des Zieheisens eine Messingplatte, in welche ein entsprechend durchlochter Rubin oder Saphir eingelassen ist, und nennt diese Vorrichtung Steinloch. Solche Steinlöcher sind dauerhafter als die aus Gussstahl gefertigten Zieheisen.

Beim Ziehen von Röhren auf der Schleppzangen-Ziehbank, insbesondere, wenn mit dem Ziehen ein Schweissen verbunden ist, es also darauf ankommt, rasch die Löcher zu wechseln, benutzt man statt des Zieheisens mit vielen Löchern ein solches mit nur einem Loche, welches mit einem konischen, leicht auszuwechselnden Einsatzstücke versehen ist, so dass nach jedem Durchgange rasch ein anderes Einsatzstück eingesteckt werden kann. Diese Einsatzstücke sind aus Gusseisen oder Stahl gefertigt und werden Ziehtuten (Ziehdüten) genannt.

### Arbeitsverfahren und Arbeitsaufwand.

Für das Ziehen von Drähten benutzt man Stäbe, welche durch einen vorbereitenden Process schon zu einem möglichst geringen Quer-

schnitte ausgearbeitet worden sind. Das Material für Eisen- und Stahldraht ist der sogenannte Walzdraht, d. h. Rundeisen von 4 bis 10 Mm. Durchmesser, welches im Schnellwalzwerke — seiner Bestimmung nach auch wohl Drahtwalzwerk genannt — gefertigt wird.

Für Drähte aus allen übrigen Metallen werden aus Blechen Streifen geschnitten, deren ursprünglich quadratischer Querschnitt im Zieheisen in den runden umgewandelt wird; seltener schmiedet man unter dem Hammer Rundstäbe (beim Kupfer), oder walzt sie in Rundkalibern (beim Golde und Silber), in welchen Fällen das Metall ursprünglich schon in cylindrische Form gegossen wurde. Die gegossenen Rundstäbe ohne Weiteres auszuziehen ist eine Methode, welche nur für die allerdicksten Drahtsorten geeignet sein dürfte.

Je rascher die Metalle durch das Ziehen an Härte zunehmen, desto öfter müssen sie geglüht werden, wozu man Gefässöfen zu benutzen pflegt.

Nach dem Glühen ist eine Reinigung von Glühspan erforderlich, bevor das Ziehen wieder beginnen kann; Eisen und Stahl reinigt man durch Beizen mit verdünnter Schwefelsäure, darauf folgendes Scheuern unter Wasserzufluss auf dem sogenannten Polterwerke, welches aus einem ähnlich wie ein Schwanzhammer wirkenden, doppelarmigen, stossweise bewegten Hebel besteht, an dessen längerm Arme die Drahtringe aufgehängt sind, um durch die Erschütterung beim Aufschlagen auf eine feste Unterlage ihren durch das Beizen schon gelockerten Glühspan fahren zu lassen. Dann kommen die Drähte in eine verdünnte saure Lösung von Kupfervitriol, in welcher sie einen schwachen Kupferüberzug annehmen, aus dieser in Kalkwasser zur Entfernung der Säure, und sind nun, nachdem sie getrocknet sind, zum weitern Ziehen bereit.

Kupfer bedarf gewöhnlich keines Glühens während des Ziehens; Messing wird nach dem Ziehen geglüht, und entweder als weicher „schwarzer Draht“ in den Handel gebracht, oder mit Schwefelsäure abgebeizt, dann mit einer Auflösung von Weinstein gekocht, und nochmals durch ein Zieheisen gezogen, um Glanz zu erhalten.

Gold- und Silberdräthe bedürfen um so weniger des Glühens, je reiner das Metall von fremden Metallen und Beimengungen ist.

Aehnlich wie man plattirte Bleche anfertigt, stellt man auch Kupferdrähte, welche mit Gold oder Silber plattirt sind, dar, indem man die sorgfältig gereinigte Kupferstange mit dünn geschlagenen Gold- oder Silberblättern belegt, diese durch Umwickeln mit schmalem Bande befestigt, erwärmt (wobei das Band wegbrennt), mit einem Blutsteine anreibt und dann nach dem Erkalten zusammen auszieht.

Der Arbeitsverbrauch beim Ziehen von Drähten wird im Allgemeinen um so geringer ausfallen, je geringer der Durchmesser des Drahts ist. Es folgt dieses aus dem schon früher mitgetheilten Umstande, dass das Abnahmeverhältniss der Durchmesser der Ziehlöcher annähernd gleich bleibt, demnach die Abnahme des totalen Querschnitts um so un-

bedeutender ausfällt, je kleiner der Durchmesser wird. Es kommt hinzu, dass mit Verringerung des Durchmessers auch die Reibung im Ziehloche abnimmt, und die mit abnehmender Stärke des Drahts zunehmende Geschwindigkeit beim Ziehen reicht nicht immer aus, diesen überschüssig werdenden Arbeitsverbrauch zu decken.

Karmarsch giebt an, dass, um per Secunde 1,5 M. Eisendraht von 1 Mm. Durchmesser zu ziehen, $1^1/_6$ Pferdestärken, um dagegen in derselben Zeit 0,2 M. Draht von 8 Mm. Durchmesser zu ziehen, 7 Pferdestärken erforderlich seien, und dass der Arbeitsverbrauch zum Ziehen von Kupferdraht etwa das $^2/_3$ fache, zum Ziehen von Messingdraht das $^7/_8$-fache des zum Ziehen von Eisendraht unter sonst gleichen Verhältnissen erforderlichen Arbeitsverbrauchs betrüge.

Es würde demnach, um in derselben Zeit die gleiche Menge Draht von 8 Mm. wie von 1 Mm. Durchmesser zu ziehen, ungefähr der 50-fache Arbeitsaufwand für erstern als für letztern erforderlich sein, und es entspricht dieses Verhältniss annähernd dem Unterschiede in dem Maasse der stattfindenden Querschnittsverdünnung bei beiden Drahtsorten.

Zum Ziehen von Hohlkörpern (Röhren) benutzt man dicke, hohle Cylinder des betreffenden Metalls, welche entweder durch Giessen (beim Kupfer, Blei, Zinn, Messing) oder durch Zusammenbiegen eines flachen Streifens und Verbinden der Fuge durch Schweissen (beim Eisen) oder Löthen (beim Kupfer und Messing) hergestellt worden waren, oder man fertigt den rohen Cylinder durch Pressen einer cylindrischen Scheibe in einer Reihe von Gesenken, welche deren Rand allmälig aufbiegen und sie in Röhrenform verwandeln (beim Kupfer, vergl. Seite 479).

Bei dem Ziehen der Röhren wird ebensowohl die Wandstärke als der innere Durchmesser verringert. Wird eine Verkleinerung des Durchmessers nicht beabsichtigt, so steckt man in die Oeffnung einen eisernen glatt abgedrehten Stab (Ziehen über den Dorn). Näheres hierüber siehe im letzten Abschnitte unter Anfertigung der Röhren.

---

## Literatur über Ziehen der Metalle.

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, 5. Auflage, S. 191 bis 220.

Hoyer, Mechanische Technologie, S. 167 ff.

Karsten, Eisenhüttenkunde, Bd. IV, S. 350.

Polytechnisches Centralblatt, Jahrgang 1874, S. 1047 (Anfertigung von façonnirtem Drahte).

---

## Rückblicke.

In Vorstehendem wurde gezeigt, wie man mit verschiedenartigen Hilfsmitteln einem dehnbaren Metalle eine bestimmte Form ertheilen kann; und zwar lässt sich für denselben Zweck nicht selten jeder der besprochenen formgebenden Apparate mit gleich gutem Erfolge verwenden, sofern man die verschiedenen Kosten der Herstellung ausser Acht lässt. Letztere aber bilden den empfindlichsten Prüfstein für die Zweckmässigkeit eines Arbeitsverfahrens, und werden daher meistens entscheiden müssen, welche der beschriebenen Methoden die geeignetere sei.

Zieht man zuvörderst den erforderlichen Arbeitsaufwand bei den vier besprochenen Gattungen formgebender Apparate in Betracht, welche sämmtlich die Aufgabe erfüllen, Querschnittsveränderungen ungeschmolzener Metalle hervorzurufen, so dürfte die nämliche Formveränderung den grössten Arbeitsaufwand durch Ziehen verursachen, theils wegen der Reibung im Ziehloche, theils wegen des Umstandes, dass das Ziehen fast immer kalt geschehen muss, um nicht die Zerreissungsfestigkeit des Metalls zu schwächen; hieran reiht sich das Hämmern, dann das Walzen, den geringsten relativen Arbeitsaufwand wird das Pressen erfordern [1]).

Wenn es sich um Herstellung einfacher gestreckter Formen von unbegrenzter Länge und gleichbleibendem Querschnitte (Stäbe und Bleche) handelt, liefert das Walzwerk in der Zeiteinheit die grösste Production, eine geringere der Hammer, die unbedeutendste das Ziehwerk. Ist die Form ringsum abgeschlossen, insbesondere also die Länge begrenzt und der Breite und Stärke gegenüber nicht sehr beträchtlich, so verliert die Anwendung des Walzwerks an Zweckmässigkeit, das Ziehwerk wird überhaupt unbenutzbar, sobald der Querschnitt des Fabrikats an verschiedenen Stellen ein verschiedener sein soll; für einfachere Formen tritt der Hammer, für weniger einfache die Presse in den Vordergrund. Zieht man endlich die Kosten der Anschaffung, den erforderlichen Platz für die Aufstellung und Bedienung der vier Apparate in Betracht, so zeichnet sich vor allen der Handhammer und Ambos durch Einfachheit aus und eignet sich trotz dieser Einfachheit zur Anfertigung mannigfach gegliederter, in ihrer Grösse aber immerhin durch das Maass der aufzuwendenden menschlichen Kraft beschränkter Formen; hieran reihen sich die verschiedenen Maschinenhämmer bis zu den grossen Dampfhämmern, deren Anlagekosten durch die nothwendig werdende kostspielige Chabotte und Fundamentirung für grössere Leistungen sich in zunehmendem Maasse steigern; Pressen erfordern, um

---

[1]) Vergl. Fr. Kick, Ueber die Beziehungen von Stoss und Druck, Dingler Journal, Band 216, Seite 378.

bestimmte Formen hervorzubringen, starke Gesenke, welche bei Hämmern wenigstens nicht in der gleichen Zahl und Stärke vorhanden zu sein brauchen; und Walzwerke beanspruchen einestheils in ihrer Längenausdehnung den grössten Raum, und anderntheils ein erhebliches Inventar kostspieliger Walzen, wenn es sich um Herstellung verschiedener Formen handelt.

Aus diesen Erwägungen folgt aber, dass man Ziehwerke, welche hinsichtlich ihrer Leistung in fast jeder Beziehung den übrigen Apparaten nachstehen, nur da anwenden wird, wo die Eigenthümlichkeiten der letzteren ihre Benutzung ausschliessen, also bei Anfertigung von Körpern mit gleichbleibenden dünnen Querschnitten, die in der erforderlichen Gleichmässigkeit und Vollendung, wie sie das Ziehwerk liefert, nur in dieser Weise herzustellen sind — Drähte und Röhren;

dass man Hämmer überall da am zweckmässigsten anwenden wird, wo täglich verschiedenartige Gegenstände in einfachen und weniger einfachen Formen hergestellt werden sollen; in der Werkstatt des Kleinschmieds, in Maschinenfabriken, in Eisenwerken, in Kupferschmieden u. s. f.;

dass Pressen vorzugsweise da am Platze sein werden, wo grössere Mengen gleicher Gegenstände von gegliedeter Form gefertigt werden sollen, welche sich unter dem Hammer nur durch eine längere fortgesetzte Bearbeitung hervorrufen lässt;

dass endlich Walzwerke wegen ihrer raschern Production trotz ihrer hohen Anlagekosten in allen denjenigen Fällen die am billigsten und am genauesten arbeitenden Apparate sein werden, wo es sich darum handelt, grosse Mengen Metall zu stabförmigen Körpern von bestimmter Querschnittsform oder zu Blechen zu verarbeiten, und dass sie selbst für Anfertigung weniger einfacher, flacher Gegenstände (keilartige, periodische und unterbrochene Formen, vergl. S. 494) sehr geeignet sind, wenn nur die Bedingung einer grossen Production erfüllt wird.

---

## 4. Einiges über die Anlage der Werkstätten zum Schmieden, Walzen, Pressen, Ziehen.

Bei den erheblichen Verschiedenheiten, welche die Apparate und Verfahrungsweisen der in der Ueberschrift genannten Arbeiten darbieten, lassen sich nur wenige allgemeine Regeln für die Anlage der Werkstätten dafür aufstellen.

Wo für die Arbeit der Formgebung mehrere Apparate gemeinschaftlich in Anwendung kommen müssen, z. B. Oefen zum Vorwärmen oder Ausglühen neben dem eigentlichen formgebenden Apparate, wird man Sorge tragen, dieselben so zu vertheilen, dass der Transport von dem einen zum andern nicht unnöthig erschwert wird.

Für die Anordnung einer grössern Anzahl Schmiedefeuer in einer Werkstatt giebt es zwei Systeme. Bei dem einen legt man die Schmiedefeuer entweder einzeln, oder häufiger je zwei und zwei unter einer Esse und in einem Herde vereinigt, an die Wände des Gebäudes. Hat dasselbe einen oblongen Grundriss, so pflegen die Feuer an der einen langen Wand, dem Haupteingange gegenüber, zu liegen; bei quadratischer Form des Gebäudes sind auch wohl an drei Seiten Feuer angeordnet, während die vierte gewöhnlich frei bleibt, und zur Aufstellung von Geräthen etc. benutzt wird. In sehr grossen und weiten Schmiedewerkstätten legt man die Feuer auch wohl an beide Langseiten und lässt die Giebelseiten frei.

Zwischen je zwei Herden muss ein Zwischenraum von 2,5 bis 3 M. frei bleiben, um dem Schmiede Raum zur Bewegung zu lassen; in den nach aussen gerichteten Wänden des Gebäudes bringt man zweckmässig in diesen Zwischenräumen je ein Fenster an, um das erforderliche Licht herein zu lassen.

Bei dem zweiten Systeme der Anordnung stellt man die Schmiedefeuer in der Mitte des Gebäudes auf, entweder zu zwei und zwei mit gemeinschaftlicher Esse und sämmtliche Herde in eben solchen Abständen von einander, wie bei der erstbeschriebenen Vertheilung, in einer geraden Linie angeordnet, welche das Gebäude in zwei Hälften theilt und wobei dieses oblonge Grundform erhält, oder auch wohl eine grössere Anzahl Feuer (4 bis 6) um eine gemeinschaftliche Esse grup-

pirt. Durch letztere Einrichtung spart man an Essen, die Feuer sind aber weniger zugänglich und aus diesem Grunde ist eine solche Anordnung nur da anwendbar, wo lediglich kleine Gegenstände zur Verarbeitung gelangen.

Bei der Verlegung der Schmiedefeuer in die Mitte des Gebäudes bleiben die Wände frei, und können zur Aufstellung anderer Apparate und Geräthe benutzt werden. Dieser Umstand kann in solchen Fällen den Ausschlag für dieses System geben, wo die Wände zur Anbringung von Aufbewahrungsbehältern für Materialeisen oder zur Befestigung von Wellenlagern einer Transmission dienen sollen, von welcher aus Hämmer oder Maschinen zum Zertheilen (Scheeren, Durchstossmaschinen u. a.) betrieben werden sollen; doch wird immerhin die freie Bewegung innerhalb der Schmiede durch letzteres System erschwert, und es dürfte auch in dem letzterwähnten Falle meistens vorzuziehen sein, die Feuer an eine lange Wand und die Transmission an die gegenüberliegende zu verlegen.

Beim Schmieden mit Handhämmern erhält jedes Feuer seinen eigenen Ambos, welcher in unmittelbarer Nähe desselben aufgestellt wird. Auch dann, wenn Maschinenhämmer zur Verwendung stehen, ist ein Schmiedeambos für jedes oder für je zwei Feuer nicht wohl entbehrlich, um kleine Arbeiten darauf auszuführen, für welche der Maschinenhammer weniger geeignet ist.

Ein einziger Maschinenhammer pflegt für drei bis sechs Schmiedefeuer auszureichen. Die Anordnung der Transmissionshämmer ist häufig durch die erforderliche schon erwähnte Anbringung der Transmissionswelle an einer der Seitenwände bedingt, wodurch eine derartige Gruppirung entsteht, dass die Hämmer auf der einen Seite des Gebäudes, die Feuer an der gegenüberliegenden aufgestellt sind; bei Dampfhämmern lässt sich die Dampfleitung eher als eine Transmissionswelle der geeignetsten Stellung des Hammers anbequemen, und es ist deshalb Regel, die Dampfhämmer frei und von allen Seiten zugänglich in der Mittellinie des Gebäudes, und, falls mehrere vorhanden sind, sie parallel den Langseiten des Gebäudes aufzustellen. Die Schmiedefeuer werden alsdann an den Wänden nach dem erstbeschriebenen Systeme gruppirt.

Der freibleibende Raum zwischen dem Schmiedeherde und dem Hammer beziehentlich dem zunächst gelegenen Apparate oder der gegenüberliegenden Wand muss mindestens 4 M. betragen; an totaler Grundfläche der Schmiede rechnet pro Feuer man bei alleiniger Anwendung von Handhämmern oder kleinen Maschinenhämmern 15 bis 25 Quadratmeter (verschieden nach der Länge der zu schmiedenden Gegenstände), bei Anwendung von Dampfhämmern 25 bis 30 Quadratmeter [1]).

Bei der Anordnung von Schweissöfen (beziehentlich Glühöfen) in dem Gebäude sind ganz ähnliche Rücksichten als für Schmiedefeuer maassgebend.

---

1) Vergl. Wiebe, Maschinenbaumaterialien, S. 413.

Da ein Schweissofen stets grössere maschinelle Apparate — Dampfhämmer, Pressen oder Walzwerke — zu bedienen hat, so empfiehlt sich die Verlegung der Oefen in die Mitte des Gebäudes noch weniger als bei Schmiedefeuern und ist nur dann zu rechtfertigen, wenn die durch eine solche Anordnung enstehenden zwei Hälften des Gebäudes vollständig unabhängig von einander und eine jede mit ihren eigenen formgebenden Maschinen versehen ist. In weniger grossen Baulichkeiten wird man die Oefen an die eine Seite des Gebäudes verlegen und den übrigen Raum für die Aufstellung der Maschinen benutzen. Dadurch wird ebensowohl die Zugänglichkeit und Bedienung der letzteren als die Zufuhr des Brennmaterials von aussen her nach den Oefen erleichtert, bei Gasfeuerungen die Länge der Gascanäle verkürzt, die Reparaturen und das Reinigen derselben erleichtert. Bei einer solchen Anordnung lassen sich die Oefen entweder mit gemeinschaftlicher Achsenrichtung in gerader Linie parallel der Gebäudewand aufstellen, so dass ihre Arbeitsseiten dem Innern des Gebäudes zugewendet sind, oder man kann je zwei und zwei mit dem Rücken aneinander und mit ihrer Achsenrichtung normal gegen die Richtung des Gebäudes gekehrt aufstellen. In diesem Falle werden also bei Anlage von mehr als einem Paar Oefen je zwei und zwei derselben ihre Arbeitsseiten einander zukehren, und es muss zwischen ihnen ein entsprechend grosser Zwischenraum bleiben (4 bis 5 M.), um eine gegenseitige Behinderung der an den Oefen beschäftigten Arbeiter zu vermeiden. Die Form der Grundfläche des Gebäudes wird meistens entscheiden, welche Anordnung vorzuziehen sei.

Die Maschinen für die Formgebung stellt man nun, wo es angeht, in eine gerade Linie parallel der Reihe der Schweissöfen auf, wobei ein Abstand von mindestens 5 M. zwischen Oefen und Maschinen bleiben muss. Walz- und Hammerwerke, welche zum Schweissen von Packeten benutzt werden, erfordern in Rücksicht auf das dabei stattfindende Umherschleudern glühender Schlackentheilchen einen grössern Abstand, als Pressen; Walzwerke für lange, dünne Gegenstände einen grössern, als solche für kürzere Stücke (Bleche).

Legt man mehr als eine Walzstrecke an, so reicht gewöhnlich die Länge des Gebäudes nicht aus, sie in einer gemeinschaftlichen geraden Linie aufzustellen, und man ordnet sie in entsprechenden Abständen hinter einander meistens derartig an, dass ihre Achsen rechtwinklig gegen die Linie der Schweissöfen gerichtet sind und somit ein jedes Walzwerk gleich weit von den Oefen entfernt bleibt.

Ein Walzwerk mit 3 bis 4 Walzgerüsten pflegt zur Verarbeitung der Lieferung von 2 bis 3 Schweissöfen auszureichen, denen als Reserve ein dritter oder vierter beigegeben zu werden pflegt; Walzwerke für dünnere Eisensorten (Feineisen- und Schnellwalzwerke) besitzen eine geringere Production und es genügt für ein Walzwerk mit 5 bis 7 Walzgerüsten die Anlage von zwei Schweissöfen.

Für Blechwalzwerke pflegt man höchstens zwei Schweissöfen (Glühöfen für Kupfer etc.) pro Walzwerk anzulegen, zu denen bei Walzwerken für feine Eisenbleche noch ein Glühofen zum Ausglühen hinzutritt [1]).

Eine wichtige Frage bei Anwendung von Schweiss- und Glühöfen bleibt die Ausnutzung der abziehenden Wärme, und in allen Fällen, wo dieselbe bei directer Feuerung der Oefen nicht wie bei modernen Gasfeuerungen wieder zurückgeführt werden kann (vergl. S. 380), wird man sie, vorausgesetzt, dass Dampf als Betriebskraft für die formgebenden Maschinen dient, zur Heizung der Dampfkessel benutzen, indem man sie zunächst unter dieselben und erst dann nach der Esse führt.

Unzweckmässig ist es, wie man es in älteren Werken bisweilen findet, die Kessel auf die Oefen zu legen, wodurch die Reparaturen häufiger und schwieriger ausführbar werden. Dagegen pflegt man die Gase von zwei, bisweilen auch von drei oder vier Oefen einem gemeinschaftlichen Kessel zuzuführen. Hierbei erweist sich jene oben beschriebene Anordnung der Oefen mit parallelen, normal gegen die Gebäudewand gerichteten Achsen als zweckmässig, bei welcher es leicht ist, die Gase der neben einander liegenden Oefen in einem gemeinschaftlichen Canale zu vereinigen und dem ausserhalb des Gebäudes in einem besondern Kesselhause befindlichen Kessel zuzuführen. Liegen die Oefen dagegen in einer geraden Linie parallel der Gebäudewand, so pflegt man den Kessel zwischen je zwei Oefen innerhalb des Gebäudes anzulegen.

In allen Fällen reicht eine einzige grosse Esse für die Gase einer grössern Anzahl Oefen aus, die ihr von den Dampfkesseln aus durch Canäle zugeführt werden.

Man benutzt stehende (senkrechte) und liegende Dampfkessel. Erstere haben den Vortheil der geringsten Platzbeengung, besitzen eine günstige Leistung hinsichtlich der Verdampfungsfähigkeit, lassen sich aber schwieriger als die liegenden bedienen, und erfordern meistens die Anlage einer hochgelegenen Bühne für den Aufenthalt des Kesselwärters.

Nach Kupelwieser's Ermittelungen beträgt die Heizfläche der durch die abziehenden Gase geheizten Dampfkessel durchschnittlich:

| | bei liegenden Kesseln. | bei stehenden Kesseln. |
|---|---|---|
| pro Quadratmeter Rostfläche . . . . . . . . . | 16 Qm. | 19,8 Qm. |
| „ geleisteter Pferdekraft der Dampfmaschine . | 1,86 „ | 1,66 „ |

Je mehr Wärme und Rauch durch vorhandene Oefen in dem Arbeitslocale entwickelt wird, desto grösser muss die Höhe des Gebäudes bemessen sein, und desto mehr Sorgfalt muss auf ausreichende Ventilation verwendet werden. Für Walzwerksgebäude mit Schweissöfen

[1]) Ueber die quantitative Leistung der Schweissöfen vergl. S. 365.

rechnet man als zweckmässige Höhe der Umfassungswände 6 M. (ohne das Dach); um den Gasen und Dämpfen Abzug zu schaffen, giebt man dem Dache eine Laterne (Reiter). Die Umfassungsmauer lässt man zweckmässiger Weise mindestens an einer Seite aus einer Reihe von Mauerpfeilern in Abständen von 2,5 bis 3 Metern bestehen, welche durch Bögen verbunden sind; die dadurch entstehenden Zwischenräume bleiben im Sommer offen, um der freien Luft möglichsten Durchzug zu gestatten, und lassen sich während der rauhen Jahreszeit durch eingesetzte Bretterwände leicht schliessen.

In den Röhrenziehereien pflegt man die Glüh- beziehentlich Schweissöfen in die Nähe der Ziehbänke zu legen, welche parallel neben einander aufgestellt werden, um von einer gemeinschaftlichen Welle aus betrieben werden zu können.

Die Leierwerke der Drahtziehereien dagegen befinden sich in einer oder mehreren Reihen auf entsprechend vielen und langen Tafeln angeordnet, unterhalb welcher die Transmissionswellen gelagert sind; und zwar pflegt man in Rücksicht auf die erheblich abweichende Geschwindigkeit, mit welcher grobe und feine Drähte gezogen werden, mindestens zwei Reihen Ziehbänke anzuordnen, deren Betriebswellen von der gemeinschaftlichen Betriebsmaschine aus mit entsprechend verschiedenen Umlaufsgeschwindigkeiten bewegt werden. Da die Uebertragung der Bewegung von der Betriebswelle auf die Spindeln der einzelnen Leiern durch Winkelräder zu geschehen pflegt (vergl. Fig. 420), so ist man in der Lage, durch ein verschiedenes Umsetzungsverhältniss bei diesen Winkelrädern auch einzelne Leiern rascher, andere langsamer umlaufen zu lassen, begnügt sich jedoch meistens, in dem Grobzuge und Feinzuge je zwei bis drei verschiedene Geschwindigkeiten anzuordnen. Wo es angeht, benutzt man gern in Rücksicht auf die geringe Arbeit, welche das Transportiren der leicht wiegenden Drahtringe erheischt, getrennte Locale für die Anlage der Ziehbänke, der Glühöfen und der Apparate zum Reinigen des Drahts, um nicht gegenseitige Belästigungen der Arbeiter durch diese verschiedenen Arbeiten herbeizuführen.

Um an Grundfläche zu sparen baut man die Drahtziehereien nicht selten zweistöckig, legt in den untern Stock die Räumlichkeiten zum Glühen, Reinigen und die Ziehbänke für die gröberen Drahtsorten; in den obern Stock die Feinzüge.

---

## Literatur und Abbildungen ausgeführter Anlagen.

### Ueber Schmiedewerkstätten:

Wiebe, Maschinenbaumaterialien, S. 413, Atlas Taf. III, VI, VII.
Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 211, S. 419.

Ueber Walzwerksanlagen:

Tunner, Ueber Hüttenanlagen, insbesondere von Puddel- und Walzwerken; Jahrbuch der Bergakademien zu Leoben etc., 15. Bd., Jahrgang 1866.

Wiebe, Skizzenbuch, Jahrgang 1868, Heft 1 (Messingwalzwerk).

Dasselbe, Jahrgang 1875, Heft 5 (Messingwalzwerk, Drahtzieherei und Kupferschmiede).

Zeichnungen der Hütte, Jahrgang 1861, Blatt 18 a und b (Walzwerksgebäude zu Neustadt a. Rübenberge).

Ueber Drahtziehereien:

Zeichnungen der Hütte, Jahrgang 1862, Tafel 17 a und b.

Dritter Abschnitt.

# Die Vollendung der Form.

Nur in seltenen Fällen ist nach der ersten rohen Formgebung durch Giessen oder durch äussere Kräfte im ungeschmolzenen Zustande die Form des hergestellten Gegenstandes, wenn auch die Querschnitte desselben in ihren Hauptabmessungen richtig sind, schon eine solche, welche ihn ohne Weiteres zur Benutzung befähigt. Gussstücke aller Art z. B. sind, wenn sie aus der Gussform hervorgehen, noch mit den Eingüssen und verlorenen Köpfen versehen, welche entfernt werden müssen; an den Stellen, wo die Gussform zusammengesetzt war, zeigen sie sogenannten Grat, welcher gleichfalls entfernt werden muss; kleine Fehlstellen, durch Beschädigung der Gussform oder aus anderen Ursachen entstanden, müssen nachgearbeitet werden; häufig müssen Löcher durch besondere Arbeit hergestellt werden, welche beim Giessen sich nur mit grösserer Schwierigkeit hätten anbringen lassen; ganze Flächen, für welche der höchste Grad von Genauigkeit Erforderniss ist, ebene und gekrümmte, müssen nachgearbeitet werden, so z. B. bei Maschinentheilen, welche auf einander gleiten oder überhaupt genau auf einander passen sollen, bei Kunstgegenständen, welche durch glattes, regelmässiges Aeussere dem Auge gefällig werden sollen, u. s. f. Nicht selten ist auch der Fall, dass die Anfertigung eines Gegenstandes aus einem einzigen Stücke grössere Schwierigkeiten verursacht, als wenn dasselbe ursprünglich in zwei oder mehreren Stücken hergestellt wird, welche dann durch ein geeignetes Verfahren (Schrauben, Nieten, Löthen, Kitten) zu einem Ganzen verbunden werden, und dass man deshalb dieses letztere Verfahren vorzieht.

Aehnlich verhält es sich mit den aus der Hand des Schmieds hervorgegangenen Gegenständen.

Die durch Walzen oder Ziehen hervorgebrachten Erzeugnisse endlich bilden an und für sich nur höchst selten Gegenstände für sofortige Benutzung, sondern sie dienen als Zwischenerzeugnisse für die weitere

Verarbeitung, deren Hauptquerschnittsabmessung im Wesentlichen zwar unverändert bleibt, deren Form aber durch Zerschneiden, Lochen, Biegen, Vereinigen mit anderen Theilen noch vielfach sich ändert; so das Blech, der Draht, die Röhren.

Jene aus der ersten Formgebung hervorgegangenen und für weitere Verarbeitung bestimmten Roherzeugnisse nennt man Werkstücke oder Arbeitsstücke.

Die Lehre von der Verarbeitung der Werkstücke in die endgiltigen Formen der herzustellenden Fabrikate bildet den Gegenstand dieses Abschnitts.

Bei dieser Vollendung der Form ergänzen sich häufig mehrere verschiedene Arbeiten. Die erste besteht fast immer in einer mechanischen Trennung einzelner Theile oder Theilchen des Werkstücks vom Ganzen, theils zu dem Zwecke, glattere, genauere Flächen oder Kanten durch die Bearbeitung zu erzielen, als sie die rohe Formgebung zu erzeugen vermochte, z. B. bei dem Beschneiden der Enden an Stäben und Blechen, bei der Bearbeitung der niemals genauen Oberfläche roher gegossener oder geschmiedeter Stücke; theils um wirkliche Vertiefungen und Löcher hervorzubringen, welche sich bei der ersten Formgebung nicht geben liessen; theils auch, um ein aus dem Grunde der billigern Herstellung in einem einzigen langen Stücke angefertigtes Werkstück in mehrere kürzere zu zerlegen (Bleche, Stäbe, Röhren).

Eine zweite Arbeit besteht in der Veränderung der Oberfläche oder der Achsenrichtung des Körpers durch Druck- oder Zugkräfte ohne erhebliche Veränderung der Stärkeabmessungen; also einestheils Prägen u. dergl., anderntheils Biegen.

Eine dritte Gattung von Arbeiten umfasst das Zusammenfügen solcher Theile, die, obwohl sie zu einem Ganzen gehören, bei der ersten Formgebung getrennt angefertigt werden mussten.

---

# 1. Die Trennungsarbeiten.

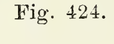
## 1. Die allgemeinen Vorgänge bei der Trennung und die Arbeitseigenschaften der Metalle, hinsichtlich ihrer Theilbarkeit.

Wenn ein Metallstück in mehrere Theile zerlegt, oder auch, wenn von der Oberfläche desselben zu ihrer Vervollkommnung kleine Theilchen entfernt werden sollen, so ist es zur Erlangung einer vollendeten Form erforderlich, dass ein fremder Körper — das Werkzeug — durch Eindringen bis zu einem durch die Grösse der Trennungsfläche vorgeschriebenen Grade in das Werkstück die Cohäsion seiner Molecüle an der vorgeschriebenen Stelle und somit den Zusammenhang aufhebe. Eine solche Trennung kann in verschiedener Weise erfolgen. Geschieht das Eindringen des Werkzeugs und somit die Trennung in Folge einer durch das Werkzeug bewirkten Verschiebung zweier Molecüle normal gegen die durch ihre Schwerpunkte fallende Linie, wobei also das abgetrennte Stück vor dem Werkzeuge hergeschoben wird, so wird die Trennung durch Abscheeren bewirkt, und es setzt sich derselben die Abscheerungfestigkeit des Materials entgegen; wird aber ein zwischen die Molecüle des Werkstücks eingedrungenes Werkzeug innerhalb desselben nach einer bestimmten Linie weitergeführt, dabei also das losgetrennte Theil abhebend, so findet ein Vorgang statt, welchen man Schneiden nennt und bei welchem ebensowohl die Abscheerungs- als rückwirkende Festigkeit des Materials in Frage kommen. Um dieses Schneiden, d. h. das Einschieben des Werkzeugs zwischen die Molecüle, möglich zu machen, muss das schneidende Werkzeug an der Angriffsstelle keilartiges Profil besitzen, und man nennt den Winkel, unter welchem die Flächen des Keils zusammenstossen, Zuschärfungswinkel ($\alpha$ in Fig. 424 und 425); diejenige gerade, gebrochene oder gekrümmte Linie aber, welche durch das Zusammenstossen der Keilflächen gebildet wird, die Schneidkante oder Schneide.

Die eine Fläche des schneidenden Keils kann, wie in Fig. 424, auf der Oberfläche des Arbeitsstücks gleiten; häufiger lässt man dieselbe aber aus sogleich zu erörternden Gründen mit der Oberfläche einen kleinen Winkel $\beta$, Fig. 425, einschliessen, welchen man Anstellungswinkel oder Ansatzwinkel nennt; die beiden Winkel $\alpha$ plus $\beta$ zusammen bilden endlich einen Winkel, welcher Schneidwinkel genannt wird,

und von dessen Grösse sehr wesentlich der Verlauf der Arbeit abhängt.

Zur Veranschaulichung des Vorgangs beim Schneiden und Abscheeren und der aus demselben hervorgehenden Folgerungen für die Con-


Fig. 424.

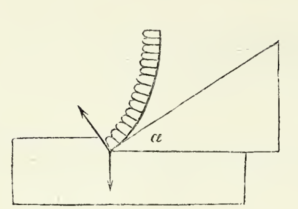
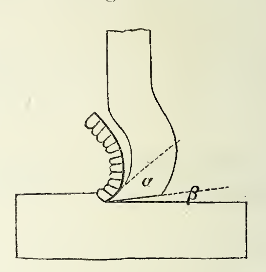



Fig. 425.




struction des Werkzeugs ist in Folgendem grösstentheils die von Hoyer in seinem Lehrbuche der mechanischen Technologie gegebene übersichtliche Erläuterung dieses Vorgangs benutzt.

Wenn das keilförmige Ende eines Werkzeugs in das Metall, also zwischen zwei Reihen von Molecülen eindringt, so werden die letzteren längs der Schneidkante von einander gerissen. Es entsteht also ein losgetrenntes Stück, welches beim Vorwärtsbewegen des Keils, wie in Fig. 424, an der divergirenden Fläche desselben ausweicht und durch dieselbe mehr und mehr von der ursprünglichen Stelle entfernt wird. Dieses losgetrennte Stück heisst Span. Denkt man sich die Kraft, welche den Keil vorwärts schiebt, in zwei gegen die Keilflächen normal gerichtete Kräfte zerlegt, so wird dieses Ausweichen des Spans unmittelbar an der Schneide des Keils durch einen Theil der gegen die obere Keilfläche gerichteten Normalkraft hervorgebracht; in weiterer Entfernung von der Schneide durch ein Biegmoment, welches das abgetrennte Stück an der schrägen Keilfläche emporbiegt.

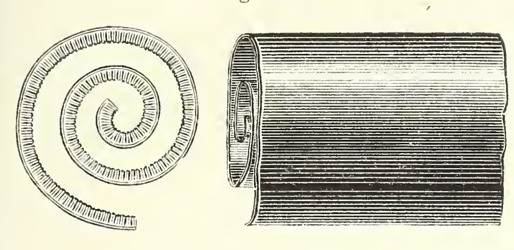
Ist deshalb, wie bei dem Werkzeuge in Fig. 425 die eigentliche Keilfläche kürzer als die Länge des losgetrennten Spans, und endigt in einer normalen gegen die Bewegungsrichtung stehenden Fläche des Werkzeugs (wie es bei den Werkzeugstählen der Werkzeugmaschinen vielfach vorkommt), so wird das Abfliessen des Spans durch diese senkrechte Fläche erschwert, lässt sich aber erleichtern, wenn man, wie in der Abbildung, einen curvenförmigen Uebergang (Schwanenhals) aus der schrägen Keilfläche in die senkrechte Fläche anbringt.

Neben dem Abscheeren des Spans durch die Schneide des Werkzeugs findet in demselben Augenblicke durch einen andern Theil der zum Vorwärtsbewegen des Werkzeugs benutzten Kraft auch ein Stauchen des Spans in seiner Längenrichtung statt. Seine Länge verkleinert sich entsprechend dem Materiale und dem Materialquerschnitte um 10

bis 30 Proc.; seine Dicke, d. h. der Abstand zwischen Trennungsfläche und Oberfläche, nimmt in gleichem Maasse zu, während die Breite dieselbe bleibt.

Hieraus erklärt es sich, dass ein Span, von einem Arbeitsstücke mit kreisrunder Oeffnung abgenommen, diese Oeffnung als Ellipse zeigt, deren kleinerer Durchmesser in der Bewegungsrichtung des Werkzeugs liegt. Auch die eigenthümliche Form der Metallspäne (Fig. 426) findet hierdurch eine ausreichende Erklärung. Die Trennungsfläche zwischen Span und Arbeitsstück ist glatt und eine genaue Nachbildung der wirksamen Fläche des Werkzeugs; die entgegengesetzte Fläche ist nach der Mittellinie zu, wo die stauchende Wirkung des Werkzeugs allein thätig war, gebaucht und mit zahlreichen Querrissen bedeckt, welche um so zahlreicher und feiner sind, je dünner der Span ist, und der Fläche feiner Späne ein sammetartiges Aeussere verleihen. Diese Querrisse entstehen offenbar durch das ungleichmässige Ausweichen des Materials bei der gleichzeitigen, aber an verschiedenen Stellen des Spanquerschnitts verschieden auftretenden Wirkung des Abscheerens an der Schneidkante und des Stauchens an der Oberfläche. Endlich ist der Span spiralförmig gekrümmt in Folge des Aufsteigens an der Fläche des Werkzeugs.

Fig. 426.



Der Widerstand des Spans gegen dieses zuletzt erwähnte Aufbiegen ruft einen Druck des Werkzeugs gegen das Arbeitsstück und dadurch bei der Bewegung des Werkzeugs eine Reibung hervor, zu deren Ueberwindung Arbeit erforderlich ist. Demnach setzt sich die gesammte mechanische Arbeit bei der Erzeugung eines Metallspans zusammen aus der Arbeit zum Eindringen des Werkzeugs (Abscheeren und Stauchen), zum Aufbiegen, und zur Ueberwindung jener Reibung. Hieraus lassen sich Regeln für die zweckmässigste Form des Werkzeugs ableiten, bei welcher die geringste Arbeit zur Abnahme des Spans erforderlich wird.

Zunächst ist ohne Weiteres ersichtlich, dass die Grösse des erforderlichen Kraftaufwandes, sowohl zum Eindringen des Werkzeugs in das Metall als zum Aufbiegen des Spans, mit der Grösse des Zuschärfungswinkels $\alpha$ (Fig. 424 und 425) steigt und fällt. Je kleiner dieser Winkel ist, desto vortheilhafter im Allgemeinen ist demnach die Wirkung des Werkzeugs; die Beschaffenheit des Werkzeugmaterials wie des zu schneidenden Metalls setzen jedoch bald der Verkleinerung dieses Winkels eine Grenze, deren Ueberschreitung unzweckmässig sein würde. Da nämlich die Widerstandsfähigkeit des Werkzeugs gegen Zerdrücken,

Abbrechen und Beschädigungen überhaupt durch den vom Arbeitsstücke ausgeübten Gegendruck begreiflicherweise mit der Grösse des Zuschärfungswinkels wächst und abnimmt, so muss diese immerhin zu der Beschaffenheit des Materials in einem bestimmten Verhältnisse stehen, und muss um so beträchtlicher sein, je grösser der vom Metalle ausgeübte Widerstand, je härter mit anderen Worten das letztere ist. Andererseits wird, wie sich aus der Theorie des Keils leicht ableiten lässt, derjenige Druck, welcher bei dem Aufbiegen des Spans Reibung zwischen Werkzeug und Oberfläche des Arbeitsstücks hervorruft, wachsen, wenn die Grösse des Schneidwinkels ($\alpha$ in Fig. 424, $\alpha + \beta$ in Fig. 425) abnimmt; umgekehrt gleich Null werden, wenn jener Schneidwinkel = 90 Grad ist; und es steht demnach die Grösse der erforderlichen Arbeit zur Ueberwindung jener Reibung im annähernd umgekehrten Verhältnisse zur Summe der Arbeit für das Lostrennen und Aufbiegen des Spans.

Aus diesen Betrachtungen lässt sich zunächst folgern, dass diejenige Grösse des Schneidwinkels, bei welcher die Gesammtarbeit am kleinsten ausfällt, zwischen den Werthen von Null und 90 Graden liegen muss.

Es folgt ferner daraus, dass die Reibung zwischen Werkzeug und Arbeitsstück eine ungleich grössere ist, wenn, wie in Fig. 424, die ganze untere Fläche des Werkzeugs auf der Oberfläche des Arbeitsstücks gleitet als wenn, wie in Fig. 425, nur die Schneidkante allein das Arbeitsstück berührt, was durch Anstellung des Werkzeugs unter dem Anstellungswinkel $\beta$ erreicht wird. Da nun aber für einen gegebenen Schneidwinkel $\alpha + \beta$ das Werkzeug um so mehr geschwächt werden muss, je grösser $\beta$ ist, so nimmt man diesen letztern Winkel zweckmässiger Weise nicht grösser als 3 bis 4 Grade.

Aus einer grossen Reihe von Versuchen über diesen Gegenstand ergeben sich als Erfahrungsresultate für die zweckmässigste Grösse der Winkel $\alpha$ und $\beta$ folgende Werthe:

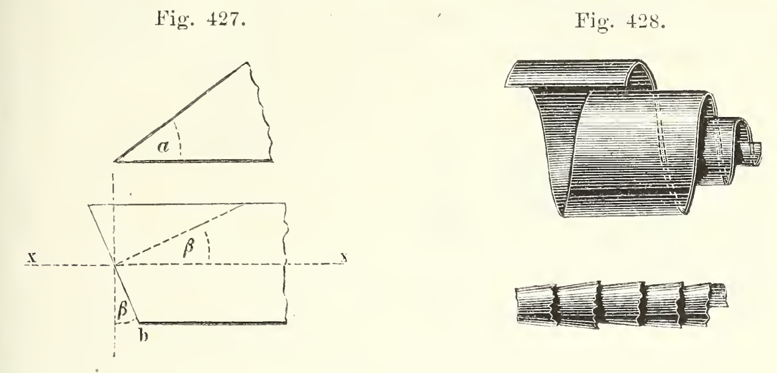
| | $\alpha$ | $\beta$ | $\alpha + \beta$ |
|---|---|---|---|
| für Bearbeitung von Schmiedeeisen . . . | $51^0$ | $3^0$ | $54^0$ |
| „ „ „ „ Gusseisen . . . . | $51^0$ | $4^0$ | $55^0$ |
| „ „ „ „ Bronze . . . . . | $66^0$ | $3^0$ | $69^0$ |

Bringt man die Schneidkante eines Werkzeugs Fig. 427 in eine gegen die Bewegungsrichtung schräg gestellte Lage, so ändert sich, wie leicht nachzuweisen ist, dadurch die Grösse des wirksamen Schneidwinkels. Ist $\alpha$ der Schneidwinkel bei normaler Stellung der Schneide, $\beta$ die Abweichung der Schneidkante von der normalen Richtung, so ergiebt sich zur Berechnung des wirksamen Schneidwinkels $\alpha_1$ in der Ebene $xx$ der Kraftrichtung gemessen die Beziehung

$$tg\,\alpha_1 = tg\,\alpha\,\cos\beta.$$

Dieser Umstand gewährt also den Vortheil, dass, indem durch die veränderte Stellung des Werkzeugs der wirksame Schneidwinkel verkleinert wird, auch der Arbeitsaufwand beim Schneiden sich verringert, ohne dass der Zuschärfungswinkel und somit die Widerstandsfähigkeit des Werkzeugs verringert zu werden braucht; es gleitet aber auch bei einer solchen schräg gestellten Schneide der Span seitlich, mithin leichter ab als bei einer geraden, und statt der in Fig. 426 abgebildeten Spanform entsteht eine schraubenartig gewundene Form der Späne wie

Fig. 427. Fig. 428.




in Fig. 428. Ein dritter Vortheil der schräg gestellten Schneide ist die Verringerung des Stosses beim Angriffe, weil hier die ganze Schneide nicht mit einem Male, sondern ganz allmälig zur Wirkung gelangt.

Diese Gründe lassen die Anwendung schräg gestellter Schneiden für sehr viele Zwecke geeignet erscheinen.

Aus den Formeln der Mechanik für das Widerstandsmoment bei der Biegung prismatischer Körper folgt, dass der Widerstand des Spans gegen das Aufbiegen mit seiner Breite im einfachen Verhältnisse, mit seiner Dicke im Verhältnisse des Quadrats wächst. Hierbei ergiebt sich, dass es im Allgemeinen vortheilhafter ist, breite als dicke Späne abzunehmen, und bei der Metallbearbeitung pflegt deshalb die Dicke eines Spans höchstens 2 Mm. zu betragen. Sollen demnach dickere Schichten als diese grösste zulässige Spanstärke entfernt werden, so sind mehrere auf einander folgende Schnitte dazu erforderlich.

Wenn ein Werkzeug, wie z. B. das in Fig. 425 abgebildete, die Breite der ganzen Metalloberfläche besitzt, so findet ein Lostrennen des Spans vom Arbeitsstücke nur in einer einzigen Fläche und zwar in seiner Breitenabmessung statt. Dieser Fall ist jedoch der seltenere. Wie unten ausführlicher besprochen werden wird, ist das Werkzeug gewöhnlich schmaler als die Fläche des Arbeitsstücks, auf welcher das Werkzeug zum Angriffe kommt; und der Span muss ausser an der eigentlichen Schneidfläche auch mindestens an einer Seite — an zwei Seiten, wenn der Schnitt aus dem Vollen genommen wird — in der Abmessung seiner

Dicke vom Metalle getrennt werden. Diese Trennung würde auch hier durch Schneiden stattfinden, wenn das Werkzeug eine entsprechende Zuschärfung erhielte. Dadurch würde, wie man sich leicht vergegenwärtigen kann, das Werkzeug eine rinnenartige Form annehmen, und der Span würde jetzt auch nicht allein in seiner Längenrichtung, sondern auch in der Breitenrichtung gestaucht und das Abfliessen erschwert werden. Deshalb lässt man, wenn nicht das bearbeitete Material ein sehr weiches, nachgiebiges ist (Holz, Blei), den Span in seiner Dickenabmessung durch einfaches Abscheeren mit stumpfer Kante des Werkzeugs lostrennen. Um jedoch die Reibung des Werkzeugs auch an dieser Schnittfläche des Arbeitsstücks auf ein geringstes Maass zurückzuführen, giebt man demselben statt eines rechteckigen Querschnitts einen trapezförmigen wie in Fig. 429, so dass nur die Kante desselben an der Schnittfläche gleitet. Derselbe Zweck wird durch einen dreiseitigen Querschnitt des Werkzeugs erreicht; bildet man nun die Zuschärfung eines solchen dreiseitigen Stahls wie aus Fig. 430 ersichtlich ist, aus, so erhält man einen sogenannten Spitzstahl mit zwei Schneiden, dessen Schneidwinkel zwar nicht günstig ist, der aber an jeder Berührungsstelle schneidend wirkt und ein leichtes Ausweichen des Spans gestattet. Die Wirkung dieser Schneidkanten des Spitzstahls wird sogleich ersichtlich, wenn man sich jede Kante bestehend denkt aus unendlich vielen kleinen trapezförmig über einander liegenden horizontalen Kanten, deren jede schneidend wirkt, während in den unendlich kleinen Abständen zwischen je zwei Horizontalschneiden das Material durch Abscheerung entfernt wird. Die schräge Richtung der Schneidkanten aber erleichtert das Abfliessen des Spans und dadurch die Arbeit selbst.

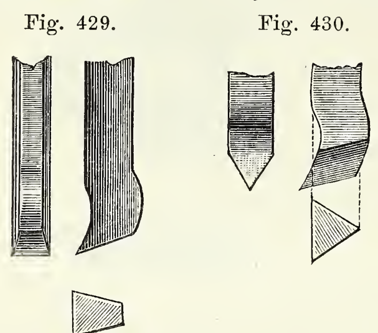


Fig. 429. Fig. 430.

Zwischen der geradlinigen Schneide, Fig. 429, und der Schneide des Spitzstahls, Fig. 430, steht die gekrümmte Schneide, Fig. 431, entweder gebildet durch Ausschmieden und Anschleifen eines trapezförmigen Stabes oder in ähnlicher Form, nur mit convexer Vorderfläche, durch schräges Abschneiden und Umbiegen eines cylinderförmigen Stabes (Rundstahl). Es ist leicht einzusehen, dass der Schneidwinkel desselben am günstigten an der tiefsten Stelle der Schneidkante ist und dass, je weiter nach oben, um so mehr die Wirkung des Schneidens in ein Abscheeren übergeht.

Wenn der Zuschärfungswinkel eines Werkzeugs 90 Grad ist und die vordere Werkzeugfläche normal zur Kraftrichtung $K$ steht (Fig. 432), so kann ein Abheben, ein Aufbiegen des Spans nach oben nicht mehr

stattfinden, und die ganze Kraft $K$ wirkt nunmehr abscheerend auf das sich ihr entgegenstellende Metallstück $S$. Denkt man sich dieses Metall-

Fig. 431.

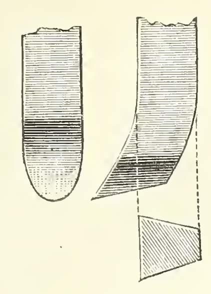
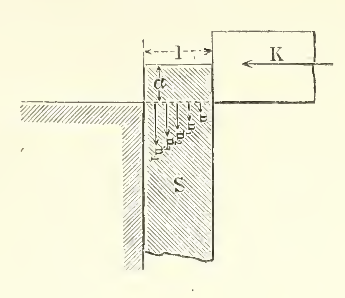


Fig. 432.




stück nun als einen vollständig starren Körper, so würde der ausgeübte Druck sich sofort von Molecül zu Molecül fortpflanzen und das Abscheeren mit einem Male in der ganzen Länge erfolgen. Sobald aber das Metall eine gewisse Dehnbarkeit besitzt (welche, wenn auch oft in geringem Maasse, stets vorhanden ist), wird der Vorgang ein anderer. Die vorderen Molecüle werden zunächst zusammengedrückt und leisten dem Vordringen des Werkzeugs einen mehr und mehr wachsenden Widerstand, so dass vorläufig nur auf derjenigen Länge des Arbeitsstücks Abscheerung erfolgt, auf welcher Zusammendrückung stattfindet. Es muss nun aber ein Zeitpunkt eintreten, wo in Folge des wachsenden Widerstandes gegen ein ferneres Zusammendrücken die Festigkeit des Materials kleiner als jener Widerstand wird, und in diesem Augenblicke muss plötzlich das Abscheeren in der ganzen noch übrigen Länge erfolgen, vorausgesetzt, dass nicht vorher schon ein Zerdrücken des Arbeitsstücks stattfand. Man wird also auf einer solchen durch Abscheeren entstandenen Fläche einen vordern glattern Theil, entstanden bei dem Zusammendrücken des Materials, und einen hintern rauhern Theil, entstanden durch das stossartige Lostrennen, deutlich unterscheiden können. Ob Zerdrücken oder Abscheeren eintritt, ist von dem Verhältnisse zwischen rückwirkender und Abscheerungsfestigkeit wie von den Abmessungen des Arbeitsstücks abhängig. Wenn:

$R$ die Widerstandsfähigkeit gegen Zerdrücken (rückwirkende Festigkeit),
$A$ die Widerstandsfähigkeit gegen Abscheerung,
$d$ die Höhe (Dicke) des Arbeitsstücks,
$l$ seine Länge in der Bewegungsrichtung des Werkzeugs,
$b$ seine Breite

bezeichnet, so ist im Gleichgewichtszustande

$$R\,d\,b = A\,b\,l,$$

woraus sich für den Fall, dass Abscheerung ohne Zerdrücken erfolgen soll, bei gegebener Dicke die Länge

$$l = d \frac{R}{A}$$

und bei gegebener Länge die Dicke

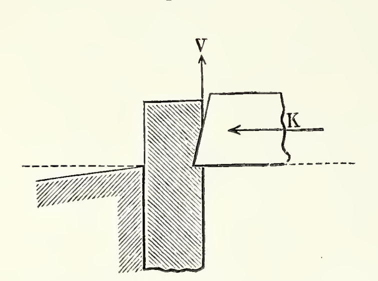
$$d = l \frac{A}{R}$$

theoretisch berechnen lässt.

Eine Zusammendrückung eines Metallstücks (oder Körpers überhaupt) lässt sich nun aber, wie schon bei Besprechung der Dehnbarkeit der Metalle im vorigen Abschnitte erwähnt wurde, niemals ausführen ohne eine seitliche Verschiebung einzelner Molecüle, durch welche ein Druck nach dieser Seite hin ausgeübt wird. In dem vorliegenden Falle entsteht also durch diesen Vorgang ein Druck senkrecht gegen die Abscheerungsfläche und wachsend mit der fortschreitenden Zusammendrückung, in Fig. 432 dargestellt durch die Linien $n\, n_1\, n_2\, n_3$, und dieser Druck ruft wieder einen Reibungswiderstand hervor, den man, wenn der Reibungscoefficient $\varphi$ ist, mit $\varphi \Sigma\ (n)$ bezeichnen kann.

Die abscheerende Kraft hat demnach neben dem Abscheerungswiderstande $A\, b\, l$ auch diesen Reibungswiderstand $\varphi \Sigma\ (n)$ zu überwinden; dieser letztere aber lässt sich verringern, wenn man, wie z. B. in Fig. 433 die Druckfläche unter einem etwas kleinern Winkel gegen die Kraftrichtung als 90 Grad angreifen lässt, dadurch die Richtung der stauchenden Kraft ablenkt und durch diese Ablenkung die Grösse der Kräfte $n\, n_1\, n_2$ verringert; denn in dem vorliegenden Falle wird nunmehr die Ausweichung des Materials beim Zusammendrücken vorwiegend nach der Richtung $V$ erfolgen und dadurch der Druck auf die Abscheerungsfläche kleiner werden. Allerdings wird nunmehr bei einem kleinern Zuschärfungswinkel als 90 Grad der Begriff des Abscheerens dem oben erläuterten Begriffe des Schneidens sehr ähnlich, und der Sprachgebrauch, welcher häufig den letztern Ausdruck an Stelle des erstern setzt, ist deshalb nicht ganz unrichtig.

Fig. 433.

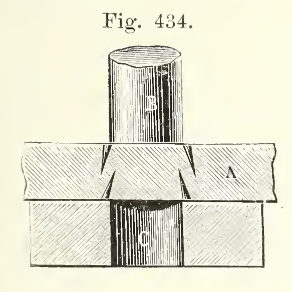



Unter allen Umständen ist jenes Ausweichen des losgetrennten Stückes nach der der Abscheerungsfläche entgegengesetzten Seite möglich, wenn, wie z. B. beim Abtrennen von Blechstücken, die Trennungslinie das losgetrennte Stück nur an einer Seite begrenzt und die gegenüberliegende Seite frei lässt; stellt aber, wie beim Durchstossen von Löchern in Blechen, die Trennungslinie eine geschlossene Figur dar,

welche mit einem Male aus dem vollen Metalle ausgestossen wird, so kann das Ausweichen nur dann stattfinden, wenn der Durchmesser des ausgestossenen Stücks ein solcher ist, dass nicht die von allen Seiten her wirksame Zusammendrückung gegenseitig das Ausweichen verhindert. In dem letztern Falle dagegen würde eine Verkleinerung des Abscheerwinkels zwecklos sein.

Aus dieser Stauchung und dem dadurch hervorgerufenen seitlichen Ausweichen des Materials beim Abscheeren erklärt sich auch die Erscheinung, dass die Abscheerungsflächen um so weniger mit der Oberfläche des Werkzeugs übereinstimmen, je grössern Widerstand das Material dem Abscheeren entgegensetzt. Denn in gleichem Maasse findet Zusammendrückung und seitliches Ausweichen statt, welches mehr und mehr zunimmt, je mehr das Werkzeug in dem Materiale vorschreitet. Wenn daher ein cylindrischer Stempel $B$, Fig. 434, gegen eine Metallplatte $A$ geführt wird, welche auf einer Unterlage mit gleich grosser cylindrischer Oeffnung $C$ ruht, so erzeugt der Stempel in Folge jenes zunehmenden Widerstandes gegen das Zusammendrücken eine Kegelfläche, deren Durchmesser in der Richtung der Kraft wächst; ebenso bildet aber die kreisringförmige Unterlage ein Werkzeug, welches das Material an der Aussenfläche der Cylinderöffnung beim Abscheeren zusammendrückt und daher einen Kegel erzeugt, dessen Durchmesser sich verkleinert, je mehr die Entfernung von der Unterlage zunimmt. Statt einer cylindrischen Abscheerungsfläche erhält man demnach zwei in einander geschobene Kegelflächen, welche beim Durchstossen von kaltem Eisenbleche etwa 83 Grad Neigung besitzen. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes giebt man dem Stempel $B$ einen etwa um $^1/_4$ der Blechdicke kleinern Durchmesser als der Oeffnung $C$, so dass beim Durchstossen nunmehr beide Kegelflächen zusammenfallen; und zwar, wenn $d$ der mittlere Durchmesser der durchzustossenden Oeffnung sein soll, $\delta$ die Blechdicke bedeutet, so macht man:

Fig. 434.




$$B = d - {}^1/_8\,\delta,$$
$$C = d + {}^1/_8\,\delta.$$

Wenn endlich der Schneidwinkel $\alpha$, welchen die Werkzeugfläche gegen die Kraftrichtung beschreibt, grösser ist als 90 Grade, so wird ein Abfliessen des Spans unmöglich, und ein Schneiden im engern Sinne findet nicht mehr statt. Das Material wird beim Vorrücken des Werkzeugs gestaucht, abgescheert und vor demselben hergeschoben. Das Werkzeug wirkt schabend. Es ist leicht einzusehen, dass für grosse Späne ein höchst nachtheiliger Reibungswiderstand hierbei entstehen würde; zum Abnehmen sehr feiner Späne jedoch, also zur letzten Voll-

endung der Form sind die schabenden Werkzeuge sehr gut geeignet und werden daher den schneidenden für diesen Zweck vielfach vorgezogen.

---

Aus den vorstehenden Erörterungen lässt sich für die Arbeitseigenschaften der Metalle hinsichtlich ihrer Theilbarkeit Folgendes ableiten.

Die wichtigste dieser Eigenschaften ist die Härte, welche wir bereits oben (S. 333) als das Maass des Widerstandes bezeichnet haben, welchen ein Körper einer bleibenden Aenderung in der Lagerung seiner Molecüle, also auch dem Eindringen des trennenden Werkzeugs entgegen setzt. Je grösser aber dieser Widerstand ist, desto grösser muss natürlich der Arbeitsaufwand sein, um die Trennung durchzuführen. Alle die a. a. O. über die Härte der Metalle gegebenen Erörterungen behalten deshalb auch für die Trennungsarbeiten ihre Geltung.

Beim Lostrennen eines Spans wächst mit dem Widerstande desselben gegen das Aufbiegen, wie oben gezeigt wurde, auch der gegen die Abscheerungsfläche durch das Werkzeug ausgeübte Reibungswiderstand; jener Widerstand aber ist grösser bei einem langen Spane und aus einem stark elastischen Materiale, als bei einem kurzen oder aus einem Materiale, dessen Elasticitätsgrenze nicht hoch liegt. Durch Abbrechen des entstehenden Spans lässt sich der Widerstand desselben vernichten; und dieses Abbrechen erfolgt rasch von selbst, wenn Elasticitätsgrenze und Festigkeit nahe bei einander liegen, das Metall also wenig biegsam und wenig dehnbar ist. Aus diesen Gründen lässt sich erklären, weshalb beim Schneiden von Spänen Gusseisen, welches in Folge der geringen Dehnbarkeit nur ganz kurze Späne liefert, einen geringern Arbeitsverbrauch für die gleiche Menge abgenommenen Metalls erfordert als Schmiedeeisen trotz seiner oft grössern Härte, Schmiedeeisen einen geringern Arbeitsverbrauch als der harte, elastische und doch dehnbare Stahl.

Bei Werkzeugen, welche abscheerend wirken, ohne eigentliche Späne zu bilden — z. B. beim Durchstossen von Blechen —, tritt als förderlich für die Arbeit eine geringe Abscheerungsfestigkeit des Materials neben grosser Widerstandsfähigkeit gegen das Zerdrücken — Dehnbarkeit durch Druck — in den Vordergrund, wie aus der oben entwickelten Theorie dieser Werkzeuge hervorgeht. Metalle, welche beim Zusammenstauchen durch das Werkzeug zerdrückt werden — z. B. Gusseisen —, sind deshalb nicht für solche Bearbeitung geeignet. Durch Erhitzung lässt sich häufig die Abscheerungsfestigkeit verringern und die Widerstandsfähigkeit gegen Zerdrücken (unter Steigerung der Dehnbarkeit) erhöhen, dadurch also die Arbeit fördern.

In Rücksicht auf den Umstand, dass ein Werkzeug um so besser arbeiten und um so weniger rasch abgenutzt werden wird, je grösser einestheils der Unterschied in seiner Härte gegenüber der Härte des

Arbeitsstücks, je grösser aber auch anderntheils neben dieser Härte seine Widerstandsfähigkeit gegen Biegen und Abbrechen ist, verwendet man zur Anfertigung der Werkzeuge fast ohne Ausnahme besten Gusstahl in Form von prismatischen Stäben, an den Enden in geeigneter Weise ausgeschmiedet, angeschliffen und gehärtet.

---

## Literatur.


E. Hoyer, Mechanische Technologie, S. 206 bis 218.

Tresca, Ueber das Hobeln der Metalle, Bulletin de la société d'encouragement, 1873, S. 584; daraus in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen, Jahrg. 1873, S. 370, 1874, S. 189.

Joessel, Versuche über Gestalt und Benutzungsweise der Arbeitsstähle, Bulletin de la société d'encouragement, 1864, S. 595; daraus Polytechnisches Centralblatt, 1865, S. 353; auch Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins, Jahrg. 1865, S. 82.

Monbro, Ueber Gestalt der Stähle für Drehbänke, Hobelmaschinen und dergleichen, Monatsbericht der Société des anciens élèves des Ecoles imperiales des arts et métiers, Nov. 1868; daraus Polytechnisches Centralblatt 1869, S. 1483.

v. Reiche, Ueber Lochen der Metallplatten, Civilingenieur, X. Band, S. 235.

Judenfeind-Hülsse, Ueber Spanbildung beim Hobeln der Metalle, Civilingenieur, Jahrg. 1877, S. 615.


---

## 2. Die Bewegung der Werkzeuge und die Werkzeugmaschinen im Allgemeinen.

Wie aus den unter 1 gegebenen Erläuterungen hervorgeht, muss das abscheerende, schneidende oder schabende Werkzeug eine bestimmte Bewegung gegen das Arbeitsstück erhalten, oder, was für die Wirkung dasselbe ist, das Arbeitsstück gegen das Werkzeug, damit dieses seine Bestimmung erfüllen kann. Diese Bewegung erhält das Werkzeug beziehentlich das Arbeitsstück

entweder unmittelbar durch die *Hand* des Arbeiters (Grabstichel, Feile etc.),

oder durch Hilfe eines *Geräths*, welches die vom Arbeiter durch Schlag, Stoss, Druck oder in anderer Weise geleistete Arbeit auf das Werkzeug überträgt (Meissel und Hammer, Bohrrolle und Drehbogen und andere mehr),

oder endlich durch Vermittelung einer, meistens durch Elementarkraft betriebenen Maschine, *Werkzeugmaschine* genannt.

Die Länge der erforderlichen Bewegung beim Schneiden ist durch die Länge der zu bearbeitenden Fläche gegeben (beim Abscheeren durch die Dicke oder Stärke des abzuscheerenden Stücks); nur selten aber lässt sich beim Schneiden die Breite des abgenommenen Spans so beträchtlich nehmen, dass mit einem einzigen Schnitte die ganze Fläche ihre Bearbeitung erhält. Es sind alsdann eine mehr oder minder grosse Anzahl auf einander folgender Parallelschnitte erforderlich, um die Bearbeitung zu vollenden; und es wurde schon oben erwähnt, dass auch die Dicke der abzunehmenden Schicht, sobald sie ein gewisses Maass übersteigt, in mehrere Parallelschichten zerlegt werden muss. Fig. 435 kann diesen Vorgang erläutern. Es sei hier eine Schicht von dem

Fig. 435.

Querschnitte *a b c d* in Fig. 435 *A* abzunehmen, die Breite des Werkzeugs sei gleich *a m*, die zulässige Dicke des Spans gleich *m o*. Man wird also zunächst einen Span von dem Querschnitte *a m l o* abnehmen, dann *n m o p* und *m b p k*. Nun folgen die darunter liegenden Schichten in gleicher Weise u. s. f., bis das ganze Stück *a b c d* entfernt ist. In manchen Fällen wird sich das Werkzeug auch so einrichten lassen, dass, wie in der Abbildung *B*, die Schneidkante senkrecht steht und die Späne seitlich abfliessen, wobei ebenso grosse Spanquerschnitte und Spanstärken erfolgen, mithin auch für das Abheben jedes Spans die gleiche Arbeit aufgewendet wird, als in dem ersten Falle, das Werkzeug aber, welches so viel schmaler zu sein braucht, bei gleicher Festigkeit weniger Material erfordert, wie sich aus einem Vergleiche der Widerstandsmomente der Werkzeugquerschnitte gegen Durchbiegung ergiebt.

Endlich erleichtert eine etwas geneigte Stellung der Schneide wie in Fig. 435 *C* das Ablösen des Spans und ist deshalb häufiger noch als die Stellung *B* in Anwendung, sei es, dass das Werkzeug selbst in schräge Lage gebracht oder mit schräger Schneide versehen wird (vergl. Fig. 430 und 431).

In dem letztern Falle entsteht eine Oberfläche, welche, statt völlig eben zu sein, mit einer Reihe paralleler Furchen bedeckt ist; und je grösser die Breite jedes einzelnen Schnittes war, desto weniger eben fällt die Oberfläche aus. Eine genaue Fläche würde sich in solcher Weise nur herstellen lassen, wenn jeder folgende Parallelschnitt unendlich nahe neben dem vorausgegangenen läge; und je geringer der Abstand zwischen zwei Schnitten, oder mit anderen Worten, je geringer die Schnittbreite ist, desto mehr nähert sich die Beschaffenheit der erzeugten Fläche jener ideellen Vollkommenheit. Je schmaler aber die Schnitte sind, desto mehr wird die Arbeit verzögert. Zur Bearbeitung grösserer Flächen ist deshalb das Verfahren üblich, zunächst mit breiten Schnitten vorzuarbeiten und dann durch nahe bei einander liegende Schnitte mit passend geformter schmaler Schneide die stehen gebliebenen Ränder abzunehmen. Die erste Arbeit aus dem Groben heisst S c h r o p p e n, die letzte Vollendung S c h l i c h t e n.

Wenn die Bewegung des Werkzeugs beziehentlich des Arbeitsstücks durch eine Werkzeugmaschine ausgeführt wird, so müssen selbstverständlich beide Gegenstände in bestimmter gegenseitiger Lage auf der Maschine festgespannt werden können, und die letztere muss in allen Theilen genügend stark gebaut sein, um während der Bewegung jedes durch den Widerstand des Materials hervorgerufene Zittern des einen oder andern Theils unmöglich zu machen. Die Standfestigkeit der Maschine steigert man vielfach durch Ausführung der Haupttheile oder Ständer in sogenanntem Hohlgusse (hohle Formen zum Unterschiede von Rippenguss mit T-förmigen Querschnitten), welcher, obgleich schwieriger in der Herstellung, doch bei richtiger Materialvertheilung sich durch

ungleich grössere Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen auszeichnet.

Das Werkzeug muss nach und nach die ganze zu bearbeitende Fläche des Arbeitsstücks bestreichen. Wie schon erwähnt ist aber meistens diese Fläche breiter als die Breite eines Spans und es sind deshalb mehrere auf einander folgende Parallelschnitte erforderlich. Die Ausführung derselben wird ermöglicht, wenn zwischen Arbeitsstück und Werkzeug eine doppelte Bewegung stattfindet:

Die Hauptbewegung oder Arbeitsbewegung in der Längenrichtung des Schnitts;

die Fortrückungs- oder Schaltbewegung in der Breitenrichtung des Schnitts.

Die Hauptbewegung geschieht entweder durch Drehung im Kreise oder geradlinig hin und zurück; die Schaltbewegung wird meistens in gerader Richtung ausgeführt und erfolgt entweder periodisch (ruckweise) vorzugsweise bei den Maschinen mit geradliniger Hauptbewegung nach jedem beendigten Hin- und Rückgange; oder unausgesetzt bei den Maschinen mit kreisförmiger Hauptbewegung.

Je nachdem die beiden Bewegungen durch das Arbeitsstück oder Werkzeug ausgeführt werden, sind folgende vier Combinationen möglich:

1. Das Arbeitsstück macht die Hauptbewegung, das Werkzeug die Schaltbewegung (Drehbänke, Planhobelmaschinen u. a.).

2. Das Werkzeug macht die Hauptbewegung, das Arbeitsstück die Schaltbewegung (Stossmaschinen, Rundhobelmaschinen u. a.).

3. Das Werkzeug macht beide Bewegungen, das Arbeitsstück steht still (Bohrmaschinen, grosse Feilmaschinen u. a.).

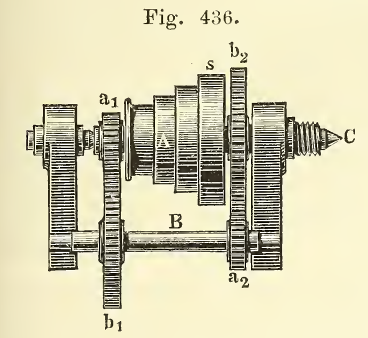
4. Das Arbeitsstück macht beide Bewegungen, das Werkzeug ruht (selten).

Zur Ausführung jener ununterbrochenen oder periodisch eintretenden Bewegungen muss nun jede Werkzeugmaschine mit bestimmten Mechanismen versehen sein, welche in fast allen Fällen von einer umlaufenden Welle aus — der Gegentransmission oder dem Deckenvorgelege — ihren Antrieb erhalten, indem zunächst durch Riemenübertragung die Bewegung jener Welle auf einer in der Maschine liegenden Antriebswelle und von dieser aus theils mittelbar, theils unmittelbar auf jene Mechanismen übertragen wird. Es handelt sich also in diesen Fällen um Verwandlung der gleichförmigen Drehungsbewegung der in der Maschine liegenden ersten Antriebswelle in die verschiedenen Bewegungen der einzelnen Theile.

Zur einfachen Uebertragung der Drehungsbewegung jener Antriebswelle auf einen sich gleichfalls drehenden Theil der Maschine dienen Riemenscheiben mit Riemen, Schnurläufe, Zahnräder oder Schneckengetriebe. Um hierbei auch für verschiedene Durchmesser und verschiedenes Material des Arbeitsstücks die günstigsten Geschwindigkeitsverhältnisse zu erhalten, die Umdrehungszahl des Maschinentheils also

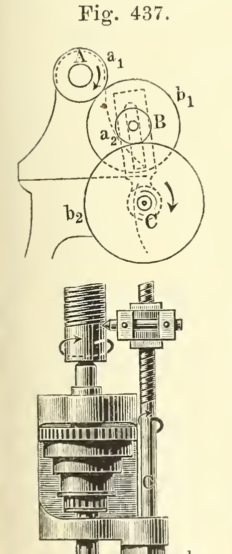
verändern zu können, ohne die Winkelgeschwindigkeit des Vorgeleges ändern zu müssen, gebraucht man statt der einfachen Riemen- oder Schnurscheiben, Stufenscheiben statt eines Paares Zahnräder mehrere ausrückbare mit verschiedenen Umsetzungsverhältnissen. Eine häufig angewendete Combination von Stufenscheibe und ausrückbaren Zahnrädern wird durch die in Fig. 436 dargestellte Anordnung gebildet.

Fig. 436.




Der Antrieb erfolgt hier vom Deckenvorgelege aus auf die Stufenscheibe $A$, welche drehbar auf der Antriebswelle $C$ sitzt. Mit $A$ ist das Rad $a_1$ fest verbunden, auf der Welle sitzt das Rad $b_2$ fest und empfängt seine Bewegung durch Vermittelung der Räder $b_1$ und $a_2$ von $a_1$ aus. Für jede Umdrehung der Stufenscheibe $A$ macht demnach die Welle $C$ $\frac{a_1\ a_2}{b_1\ b_2}$ Umdrehungen, wenn die Buchstaben $a_1$ $a_2$ u. s. f. zugleich die Durchmesser der Räder im Theilkreise bedeuten. Bringt man jedoch die Räder $b_1$ und $a_2$ durch seitliche Verschiebung ausser Eingriff mit $a_1$ und $b_2$ und verbindet die Stufenscheibe durch eine Schraube oder einfachen Mitnehmer unmittelbar mit $b_2$, so wird deren Umdrehungszahl ohne Weiteres auf $C$ übertragen. Je nachdem man den Riemen über die eine oder andere der vier Scheiben von $A$ legt und die Zwischengelege ein- oder ausrückt, erhält man demnach für $C$ acht verschiedene Geschwindigkeiten.

Fig. 437.




Die Anwendung mehrerer Paare auswechselbarer Räder, sogenannter Versatzräder oder Wechselräder ist durch Fig. 437 veranschaulicht. Die Bewegung soll hier von der Antriebswelle $A$ aus auf die Welle $C$ übertragen werden, und es erfolgt die Uebertragung nach dem Verhältnisse $\frac{a_1\ a_2}{b_1\ b_2}$ durch die vier mit den betreffenden Buchstaben bezeichneten Räder. Um nun diese Räder mit vier anderen von beliebiger Umsetzungszahl vertauschen zu können, ist die Achse der Räder $a_2$ und $b_1$ in einem drehbaren, geschlitzten Bügel $B$ befestigt, wodurch ihr Abstand von $A$ und $C$ beliebig und der Durchmesser der eingeschalteten Räder der verlangten Uebersetzung entsprechend geändert werden kann.

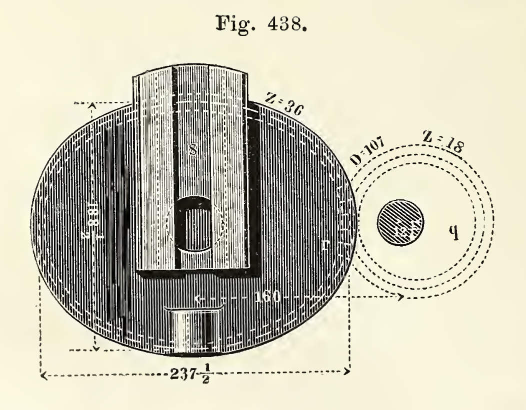
Schneckengetriebe dagegen sind nur bei constanten Bewegungsverhältnissen gebräuchlich.

Um die Drehungsbewegung in eine hin- und hergehende zu verwandeln, dienen Getriebe mit Zahnstange, Schraubenspindel mit Mutter, Schneckengetriebe und Zahnstange, Kurbel und Schubstange oder Kurbel mit Gleitstück und Schleife.

Bei Anwendung des Getriebes mit Zahnstange erfolgt bei dem Angriffe jedes neuen Zahns ein kleiner Stoss und die Bewegung wird dadurch ungleichförmig. Zur Verringerung dieser Ungleichförmigkeit, welche in gleicher Weise die Genauigkeit des Schnittes beeinträchtigt, bringt man häufig zwei neben einander sitzende Getriebe mit Zahnstangen in solcher Anordnung an, dass jeder Zahn des einen Getriebes beziehentlich der einen Zahnstange einer Zahnlücke des daneben liegenden Getriebes (Zahnstange) gegenüberliegt; oder für einen noch regelmässigern Eingriff drei Getriebe mit drei Zahnstangen, deren Zähne jedesmal um $^1/_3$ der Theilung gegen die Zähne des daneben liegenden Getriebes mit Zahnstange verschoben sind.

Für die Rückwärtsbewegung des Arbeitsstücks oder Werkzeugs nach einmaligem Schnitte muss bei Anwendung der drei erstgenannten Mechanismen Umsteuerung der Maschine stattfinden; bei Anwendung einer Kurbel mit Schubstange oder Schleife führt diese selbst den Vor- oder Rückwärtsgang aus, giebt aber nicht, wie die ersteren, eine gleichförmige, sondern die bekannte ungleichförmige Bewegung, vom todten Punkte bis zur Mitte des Hubes mit wachsender, von da bis zum zweiten todten Punkte mit abnehmender Geschwindigkeit. Darin beruht ein für die Leistung der meisten Maschinen fühlbarer Uebelstand. Derselbe wird abgeschwächt und eine annähernd gleichförmige Bewegung erzielt, wenn man, wie in Fig. 438 skizzirt ist, auf der Antriebswelle ein excentrisches Getriebe anbringt, welches in ein um seinen Mittelpunkt drehbares Ellipsenrad eingreift, dessen Zähnezahl doppelt so gross ist als die des excentrischen Rades und auf dessen Achse die Kurbel befindlich ist. $q$ ist hier das excentrische Getriebe, $r$ das Ellipsenrad, $s$ die Kurbel. Die Winkelgeschwindigkeit des Ellipsenrades ist offenbar am grössten, wenn der grösste Theilkreishalbmesser des Rades $q$ mit dem kleinsten Ellipsenhalbmesser im Eingriffe steht, eine Stellung, welche während einer vollen Drehung von $r$ zweimal eintreten wird; und in diesem Augenblicke muss sich die Kurbel im todten Punkte ihrer Bahn befinden. Die Winkelgeschwindigkeit des Ellipsenrades ist da-

Fig. 438.



gegen am geringsten in der gezeichneten Stellung beim Eingriffe des kleinsten Theilkreishalbmessers des Rades $q$; die Kurbel hat nunmehr einen Bogen von 90 Graden vom todten Punkte ab beschrieben und befindet sich in derjenigen Stellung, bei welcher die erfolgende geradlinige Bewegung die grösste Beschleunigung erhält.

Eine gleiche Wirkung wird erreicht, wenn man statt des elliptischen Rades ein rundes Rad anwendet, welches in der Richtung der durch die Drehungspunkte beider Räder gelegten Linie verschiebbar ist.

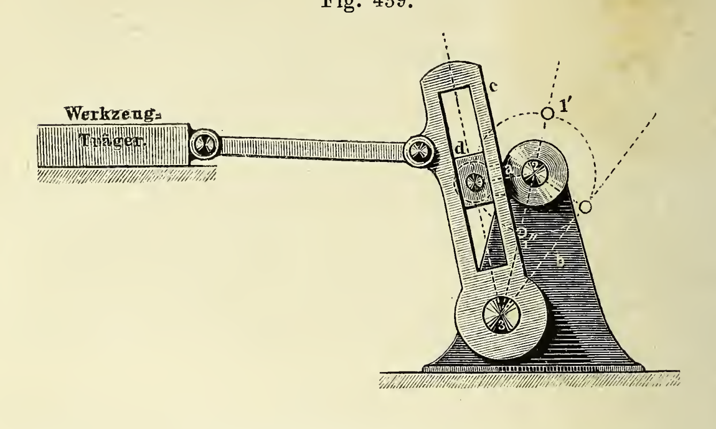
Bei diesen soeben beschriebenen Mechanismen findet der Rückgang in gleicher Geschwindigkeit als der Vorwärtsgang statt. Bei Maschinen, welche nur beim Vorwärtsgange schneiden und leer zurückgehen, kann es jedoch zweckmässig sein, nach einem gleichmässigen Vorwärtsgange einen beschleunigten Rückgang eintreten zu lassen. Bei Anwendung der Kurbel zur Bewegungsübertragung giebt es hierfür verschiedene Hilfsmittel.

Wenn man z. B. statt des Ellipsenrades mit excentrischem Getriebe, wie es in Fig. 437 skizzirt war, zwei Ellipsenräder von gleicher Grösse anwendet, die sich jedes um einen ihrer Brennpunkte drehen, so erhält man die kleinste Winkelgeschwindigkeit des Kurbelrades, wenn der kleinste Radiusvector der treibenden Ellipse mit dem grössten Radiusvector der getriebenen im Eingriffe steht; und wenn die Kurbel hierbei auf der Mitte zwischen den todten Punkten sich befindet, so fällt diese geringste Winkelgeschwindigkeit der Kurbel zusammen mit der relativ grössten Beschleunigung der geradlinigen Bewegung. Bei weiterer Drehung nimmt die Winkelgeschwindigkeit zu, die Kurbelbewegung ab; nach einer Drehung um 90 Grade ist die Kurbel auf dem todten Punkte angelangt, die beiden Ellipsen greifen in gleichen Abständen von den Drehungspunkten zusammen, besitzen also gleiche Geschwindigkeit. Nun wächst aber die Winkelgeschwindigkeit des getriebenen Rades, zugleich auch die Entfernung der Kurbel vom todten Punkte, es tritt somit in zweifacher Hinsicht Beschleunigung der geradlinigen Bewegung ein. In dieser Hälfte des Kurbelwegs muss mithin der leere Rückgang stattfinden. Die Beschleunigung erreicht ihren höchsten Stand, wenn die Kurbel in der Mitte zwischen beiden todten Punkten angelangt ist; der grösste Radiusvector der treibenden Ellipse greift jetzt in den kleinsten der getriebenen; nun beginnt allmälig Verlangsamung, bis die Kurbel wieder auf dem todten Punkte angelangt ist, hier in die zweite Hälfte ihrer Bahn eintritt und diese, während die Maschine ihren Vorwärtsgang ausführt, in der oben geschilderten Weise mit anfänglich abnehmender Winkelgeschwindigkeit bis zur Mitte, dann mit zunehmender Winkelgeschwindigkeit durchläuft und dabei eine annähernd gleichmässige Bewegung der Schubstange bewirkt. Man wird leicht im Stande sein, durch Skizziren der einzelnen Kurbelstellungen sich diese Vorgänge zu veranschaulichen.

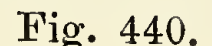
In anderer Weise wird ein gleicher Erfolg durch Einschaltung eines

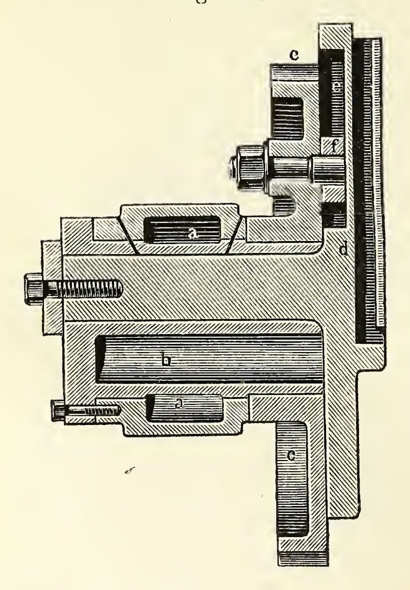
Coulissenhebels, Fig. 439, zwischen Kurbel und Schubstange erreicht, welcher in der Ebene der Kurbelbewegung um einen festen Drehungs-

Fig. 439.



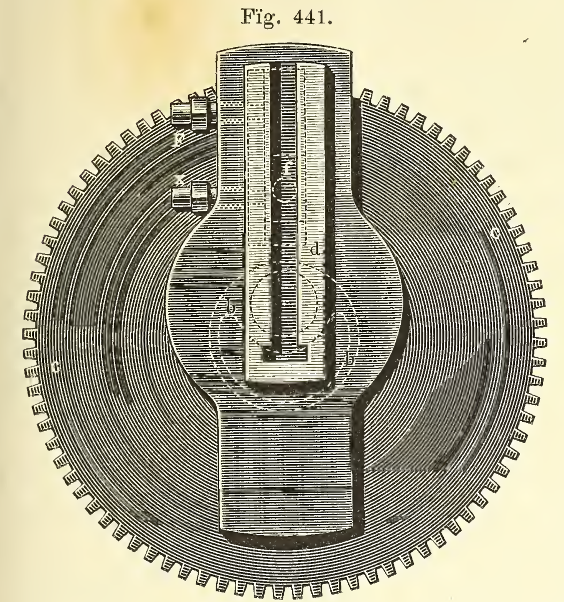

punkt schwingt. Die Kurbel greift vermittelst eines Gleitstücks in die Coulisse (Schleife) ein und bewirkt hierdurch Hin- und Herbewegung. Die todten Punkte liegen offenbar da, wo der Kurbelarm rechtwinklig gegen den Hebel gerichtet ist. Nun ist aber der Weg zwischen den beiden todten Punkten in dem untern Theile der Kurbelbahn kleiner als in dem obern, bei constanter Winkelgeschwindigkeit der Kurbel wird also auch der untere Weg rascher als der obere zurückgelegt, und es ist leicht einzusehen, dass die resultirende geradlinige Bewegung der Schubstange annähernd gleichförmig erfolgt, so lange die Kurbel in der grössern Hälfte ihrer Bahn verweilt; dass aber eine zunehmende Beschleunigung eintritt, sobald die Kurbel nach Ueberschreitung des todten Punktes in die andere Wegeshälfte eingerückt ist, und dass diese Beschleunigung ihr Maximum erreicht, wenn die Kurbel sich in der Mitte zwischen beiden todten Punkten befindet. Dann tritt Verzögerung ein, bis beim zweiten todten Punkte wieder jene langsamere gleichförmige Bewegung ihren Anfang nimmt, während welcher der Vorwärtsgang der Maschine stattfindet.


Fig. 440.




Aehnlich dem Coulissenhebel wirkt die in Fig. 440 und 441 abgebildete excentrische Kurbelschleife.

Fig. 441.




In dem feststehenden Gehäuse *a* der Maschine steckt der gusseiserne Zapfen *b*, hohl gegossen und mit excentrischer Bohrung versehen, wie in der Stirnansicht, Fig. 441, durch punktirte Linien angedeutet ist. Um diesen festliegenden Zapfen dreht sich centrisch das Stirnrad *c*, welches durch ein in der Abbildung nicht gezeichnetes Getriebe seine Drehung erhält. In der excentrischen Bohrung des Zapfens *b* steckt ein zweiter massiver Zapfen, welcher die Schlitzkurbel *d* trägt. An der Rückseite derselben, dem Rade zugewendet, befindet sich eine radiale coulissenartige Führung (Schleife) *e* für ein Gleitstück *f*, welches in bestimmter Entfernung vom Radmittel an die Radscheibe angeschraubt ist, also gewissermaassen die Warze eines zweiten Kurbelarms bildet. Bei der Drehung des Rades *c* nimmt das Stück *f* die Kurbel *d* mit und gleitet dabei innerhalb des Schlitzes *e* um die doppelte Excentricität aus und ein. Die todten Punkte der Kurbelbahn liegen bei der abgebildeten Anordnung in der durch die Achse des Kurbelzapfens *d* gelegten Horizontalebene; da aber *f* eine Kreislinie um den Mittelpunkt des Rades *c* beschreibt, so fallen die todten Punkte ebenfalls in diese Kreislinie und theilen dieselbe in einen grössern und einen kleinern Bogen, deren jeder einem einmaligen Hube der Maschine entspricht. Das Gleitstück *f* bewegt sich aber mit constanter Winkelgeschwindigkeit um den Mittelpunkt seiner Bahn; es verhalten sich demnach die Zeiten zum Durchlaufen jener Bögen wie die Bogenlängen, und demzufolge wird der Hub, während die Kurbel sich im untern, längern Bogen bewegt, eine entsprechend längere Zeitdauer beanspruchen, als während der Kurbelbewegung im obern Bogen. Die Maschine wird nun durch die Schubstange (deren Angriffspunkt innerhalb des Kurbelschlitzes zur Aenderung der Hublänge veränderlich ist) derartig mit der Kurbel verbunden, dass sie während der langsamern Bewegung schneidet, während der raschern leer zurückläuft; und aus denselben Gründen wie bei der Bewegung durch einen Coulissenhebel wird die erstere Bewegung annähernd gleichförmig, die andere ungleichförmig ausfallen. Die beiden Schrauben *x* ***F*** dienen zum Festhalten und

Einstellen einer zum Auswechseln eingerichteten metallenen Gleitbacke innerhalb des Schlitzes *e*.

Der Umstand, dass bei der Bewegungsübertragung durch eine Kurbel die Länge des Hubes der Maschine von der Länge des Kurbelarms abhängig bleibt und dieselbe sich begreiflicherweise nicht über ein gewisses Maass ausdehnen lässt ohne die Construction schwerfällig zu machen, beschränkt die Anwendung der Kurbel für die Hauptbewegung nur auf Maschinen für geringere Schnittlängen.

Der Antrieb der Mechanismen für die Schaltbewegung pflegt von einer der umlaufenden Hauptwellen der Maschine aus zu geschehen, und zwar durch zwischengeschaltete Riemenscheiben, Zahnräder oder Schneckengetriebe, falls die Schaltbewegung ununterbrochen fortgehen soll; durch Kurbelscheiben, Excenter, Nuthenscheiben oder Hebedaumen, falls dieselbe ruckweise geschieht. In letzterm Falle befindet sich zwischen diesem die Bewegung übertragenden Mechanismus und dem für die Schaltbewegung bestimmten Theile ein Sperrzeug oder Schaltwerk, meistens durch Hebel und Zugstangen mit jenem verbunden, um die ununterbrochene Bewegung der Maschine in die ruckweise der Schaltung zu verwandeln. Meistens besteht dieses Schaltwerk aus Zahnrad mit Sperrklinke.

Als Umsteuerungsmechanismen für solche Werkzeugmaschinen, deren geradlinige Bewegung nicht durch eine Kurbel erzeugt wird, dienen ein offener und ein gekreuzter Riemen mit einer festen und zwei losen Riemenscheiben; oder ein Riemen mit einer losen und zwei festen Scheiben, von denen die eine direct, die andere durch Zwischengelege den Antrieb bewirkt; oder dergleichen. Bei der letzterwähnten Anordnung lässt sich mit Leichtigkeit veränderte Geschwindigkeit für Hin- und Rückgang einrichten.

Die Verschiebung der Riemen in diesen Fällen geschieht fast immer selbstthätig bei beendigtem Hube durch die Werkzeugmaschine selbst, indem dieselbe vermittelst eines, beziehentlich zweier, an dem bewegten Theile befindlichen verstellbaren Stossknaggen durch Vermittelung eines Systems von Hebeln und Zugstangen die Riemengabel vorschiebt.

Die meisten dieser der bessern Uebersicht halber schon hier erwähnten Bewegungs- und Steuerungsmechanismen werden durch die unten folgenden Abbildungen ausgeführter Werkzeugmaschinen fernere Erläuterung finden.

---

## Literatur über Werkzeugmaschinen und Werkzeuge.

Ausser den unten für jede besondere Gattung von Werkzeugmaschinen gegebenen literarischen Nachweisen sind folgende Werke für das Studium der Werkzeugmaschinen im Allgemeinen wie im Besondern empfehlenswerth und für die unten folgenden Besprechungen mehrfach benutzt worden:

J. Hart, Die Werkzeugmaschinen für den Maschinenbau zur Metall- und Holzbearbeitung. Zweite umgearbeitete Auflage. Mit einem Atlas von 72 lithographirten Tafeln, Heidelberg 1874.

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, 5. Aufl., S. 225 ff.

Hoyer, Mechanische Technologie, S. 218 ff.

Wiebe, Die Maschinenbaumaterialien, S. 529 ff.

Hartig, Versuche über den Arbeitsverbrauch der Werkzeugmaschinen. Leipzig 1873.

E. A. v. Hesse, Die Werkzeugmaschinen auf der Wiener Ausstellung, Leipzig 1874.

Wencelides, Hilfsmaschinen und Werkzeuge für Eisen- und Metallbearbeitung (Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia). Wien 1877.

## 3. Die formgebenden Geräthe und das Arbeitsverfahren.

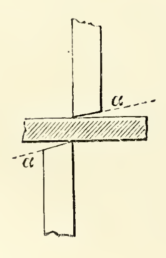
### A. Geräthe zum Abscheeren.

#### a. Scheeren.

Wenn die Abscheerung in einer offenen Linie erfolgt, so heisst das Werkzeug Scheere. In den meisten Fällen wird eine Scheere zur Zertheilung eines Stücks in zwei nach einer geraden Trennungslinie benutzt werden, zum Abtrennen der Ränder u. s. w.; es ist dabei aber nicht ausgeschlossen, dass durch Aneinanderreihen mehrerer solcher nach einander hervorgebrachter Schnitte eine geschlossene Figur — Dreieck, Polygon, selbst ein Kreis, sofern man sich denselben als ein Polygon mit unendlich vielen kleinen Seiten denken kann, aus einem vollen Metallstücke losgetrennt werde.

Der wirksame Theil der Scheere besteht aus zwei Stahlblättern (Schneiden), welche in Parallelebenen an einander vorbei geführt werden und deren gegen das Arbeitsstück gerichtete Flächen aus früher entwickelten Gründen um einen Winkel von 75 bis 85 Grad gegen die Bewegungsebene geneigt sind (Fig. 442). Ob bei den Scheeren beide Schneiden bewegt werden, oder ob die eine ruht und nur die zweite in Bewegung gegen die erstere versetzt wird, ist natürlich für den Erfolg gleichgültig, und man findet deshalb beide Anordnungen vertreten.

Fig. 442.




Die Schneiden bilden einen Theil der Scheerenbacken oder Scheerenblätter und sind mit denselben entweder im Ganzen gefertigt oder bei grösseren Scheeren für sich aus Gussstahl hergestellt und in jene eingesetzt. Nach der Art, wie die Bewegung der Schneiden erfolgt, unterscheidet man folgende Gattungen von Scheeren:

**Bogenscheeren, Hebelscheeren oder Maulscheeren.** Wie der Name Hebelscheeren andeutet, erfolgt die Bewegung durch die Wirkung des Hebels; und zwar ist bei diesen Scheeren ebensowohl das Princip des einarmigen als des zweiarmigen Hebels in Anwendung.

Eine Hebelscheere der letztern Art in der einfachsten Form ist in Fig. 443 abgebildet. Dieselbe ist zweischenklig, und das Schneiden erfolgt durch Zusammendrücken beider Schenkel mit der Hand. Man nennt sie Handscheeren. Die Länge der Schenkel beträgt 100 bis 300 Mm., die Länge der Schneiden 30 bis 100 Millimeter Diese Scheeren eignen sich nur zum Zerschneiden feiner Bleche und Stäbe. Um den durch menschliche Kraft ausgeübten Druck wirksamer zu machen, verlängert man wie bei der in Fig. 444 abgebildeten Scheere den obern Schenkel und befestigt den untern mit Hilfe einer angeschmiedeten oder angenieteten Angel in einem Holzblocke oder im Schraubstocke und nennt die Scheeren von dieser Form Stockscheeren oder Bockscheeren. Bei denselben ist nur die untere Schneide beweglich und der ganze Druck, welchen der Arbeiter auszuüben fähig ist, und welcher ersichtlicher Weise bei dieser Anordnung erheblich beträchtlicher ausfallen muss, als bei dem Zusammendrücken beider Schenkel mit der Hand, wird nunmehr durch den längern Hebelarm *c* auf die Schneiden übertragen. Um jedoch beim Schneiden stärkerer Bleche oder Eisenstücke (bis 2 Mm. Stärke) den ausgeübten Druck noch mehr verstärken zu können, lässt sich bei der abgebildeten Scheere [1]) der Hebel *c* durch den Bügel *b* mit einem einarmigen Hebel *a* verbinden, so dass bei Benutzung dieses letztern der Druck durch eine doppelte Hebelübersetzung auf die Schneiden übertragen wird. Die Länge der Scheerenblätter der abgebildeten Stockscheere ist 200 Mm.

Fig. 443.

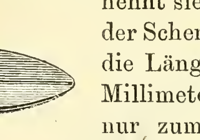
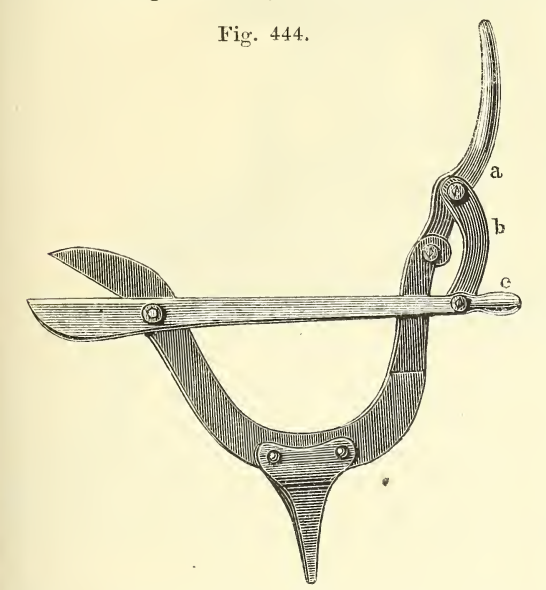


Fig. 444.



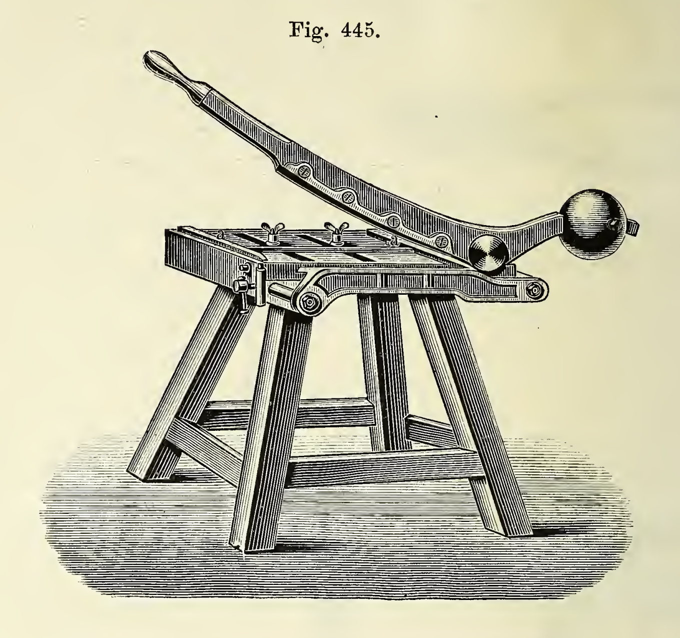

Eine Scheere nach dem Principe des einarmigen Hebels, an einem Tische mit gusseiserner Platte befestigt und deshalb Tafelscheere genannt, zeigt die Fig. 445 [2]) (a. f. S.). Die Schneide derselben ist er-

[1]) Aus der durch ihre Werkzeugmaschinen für Blecharbeiter rühmlichst bekannten Fabrik von Erdmann Kircheis in Aue (Sachsen).

[2]) Ebenfalls von E. Kircheis in Aue.

heblich länger als bei den zweiarmigen Hebelscheeren, so dass man mit grösseren Scheeren dieser Art im Stande ist Schnitte bis zu 1 M. Länge

Fig. 445.



auszuführen. Die untere Schneide ist an der vor dem Tische befindlichen eisernen Wange angeschraubt. Die Tischplatte trägt zwei eiserne rechtwinklig gegen die Messer gerichtete Lineale *a a* und zwischen denselben ein verstellbares, den Messern paralleles Lineal, welche für die Blechstücke als Anlage dienen, wenn Schnitte rechtwinklig oder parallel zu einer vorhandenen Kante ausgeführt werden sollen. Das am Hebel befindliche Gegengewicht hält denselben während der Ruhe in seiner höchsten Stellung, damit die Bleche bequem eingelegt werden können.

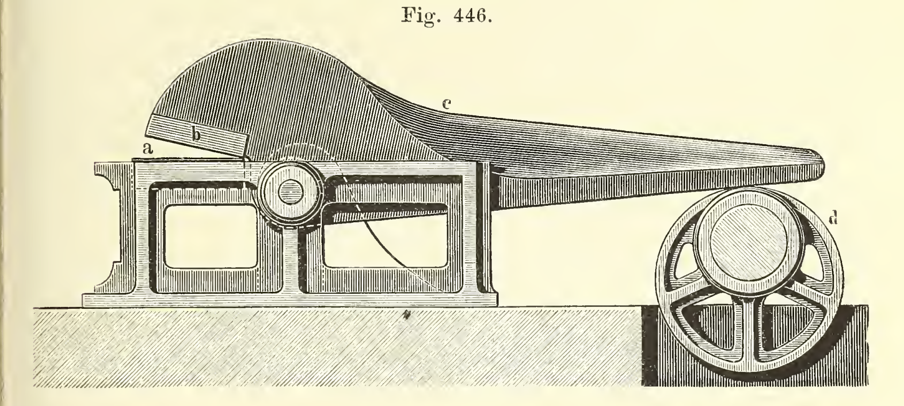
Zum Schneiden stärkerer Metallstücke werden die Hebelscheeren für den Betrieb durch Elementarkraft eingerichtet und heissen dann Maschinenscheeren. Sie finden vorzugsweise zum Zerschneiden stabförmiger, in Walzwerken dargestellter Körper in bestimmte Längen, ausserdem aber auch zum Zerschneiden von Blechen vielfache Anwendung.

Meistens ist bei ihnen der zweiarmige Hebel vertreten; nur in seltenen Fällen finden Scheeren nach Art der in Fig. 445 abgebildeten einarmigen Scheeren mit Maschinenbetrieb Verwendung. Die Scheerenbacken wie der Hebel bestehen meistens aus Gusseisen und die Schneiden (Messer) sind durch Schrauben an denselben befestigt. Scheeren, welche zum Zerschneiden bestimmter Specialartikel dienen, erhalten bisweilen Schneiden mit entsprechend geformten Schneidkanten; so z. B.

giebt man der obern Schneide einer zum Zertheilen von Winkeleisen dienenden Scheere einen aus der geraden Linie vorspringenden Zahn, der untern eine entsprechende Vertiefung. Die untere Backe ist fest, die obere beweglich, und die Anordnung demnach umgekehrt als bei der in Fig. 444 abgebildeten Bockscheere. Die Bewegung des Scheerenhebels erfolgt von einer sich drehenden Welle aus entweder durch eine excentrische Scheibe, welche unter das Ende des Hebels fasst und diesen empordrückt, somit die Backen schliesst, während das eigene Gewicht bei der Drehung des Excenters das Hebelende wieder sinken lässt und dadurch die Backen öffnet; oder durch Kurbel und Zugstange, in welchem Falle der Hebel vom Drehungspunkte ab annähernd senkrechte Lage erhält und demnach mit der Richtung der Schneiden im Winkel steht (Winkelscheeren).

Fig. 446 giebt eine Abbildung einer Scheere der erstern Art. Die bewegliche Backe ist aus Gusseisen mit dem Hebel aus einem Stücke gefertigt, während die gussstählerne Schneide durch Schrauben mit ver-

Fig. 446.




senkten conischen Köpfen an der Backe befestigt ist. Mit zwei Zapfen ruht der Hebel in den gusseisernen Lagern, welche auf einer Sohlplatte aufgegossen und mit dieser auf einem Fundamente befestigt sind. Das eine der Lager trägt die feststehende Schneide und dient zugleich als feste Auflage für das Arbeitsstück; in dem gegenüberliegenden ist eine senkrechte Metallplatte mit Stellschrauben befestigt, welche gegen den Scheerenhebel drückt und denselben in naher Berührung mit der feststehenden Schneide erhält, um eine Klemmung des Arbeitsstücks, hervorgerufen durch ein Auseinandergehen der Schneiden, zu vermeiden.

In der abgebildeten Scheere muss die Befestigung des Hebels vermittelst Durchsteckens und Verkeilens des Zapfens von aussen durch die Bohrungen der Lager und des Hebels geschehen, nachdem der Hebel an seine Stelle gebracht worden ist; häufiger dürfte die Einrichtung sein, dass nur eins der beiden Lager angegossen, das andere in Nasen der Sohlplatte verkeilt ist.

Damit der Schnitt allmälig vor sich gehe, giebt man dem Drehungspunkte eine solche Lage, dass bei horizontaler Stellung der beweglichen Schneide dieselbe etwas tiefer (20 bis 30 Mm.) als die feste zu liegen kommt; insbesondere legt man bei Blechscheeren, wie die vorstehend abgebildete, den Drehungspunkt so tief, dass das Blech oberhalb des Zapfens zu liegen kommt und der letztere mithin den Vorschub des Blechs nicht behindert. Sind dagegen die zu schneidenden Arbeitsstücke schmal und dabei stärker als gewöhnliches Blech — z. B. Quadrat- und Rundstäbe —, so macht man die Schneiden kürzer, wodurch ein günstigeres Verhältniss der Hebelarmlängen entsteht, legt den Drehungspunkt höher und schwächt dadurch die Neigung der geöffneten Schneide, das Arbeitsstück in horizontaler Richtung herauszudrücken. Dieses Herausdrücken wird stets eintreten, sobald der Winkel, welchen die geöffneten Schneiden einschliessen, grösser ist als der Reibungswinkel zwischen Arbeitsstück und Schneide; mithin um so leichter, je weiter die Schneiden geöffnet sind. Hieraus ergiebt sich für geradlinig geformte Schneiden, um das übermässige Oeffnen des Scheerenmauls zu vermeiden, die Nothwendigkeit, das Arbeitsstück um so entfernter vom Drehungspunkte zwischen die Schneiden zu bringen, je beträchtlicher seine Dicke ist; um so ungünstiger fällt aber auch die Hebelwirkung beim Schneiden aus und um so kürzer die Schnittlänge. Der Uebelstand lässt sich beseitigen, wenn statt der geradlinigen, beweglichen Schneide eine gekrümmte angewendet wird (wie es z. B. bei der in Figur 445 abgebildeten Tafelscheere geschehen ist), deren Radiusvector mit der Tangente einen gleichbleibenden Winkel beschreibt, während die feststehende Schneidkante durch den Anfangspunkt der Curve geht. Für kurze Schneiden erfüllt ein flacher Kreisbogen annähernd genau diese Bedingung; vollständig wird der Zweck erreicht, wenn die obere Schneide die Form einer logarithmischen Spirale besitzt.

Die Anzahl der von einer durch Elementarkraft betriebenen Hebelscheere ausgeführten Schnitte schwankt nach der Stärke des Materials und Länge der Schneiden zwischen 25 bis 60 per Minute; als erforderliche Betriebskraft rechnet man für Scheeren zum Zerschneiden kleinerer Gegenstände (Bleche, Feineisen etc.) 2 bis 3 Pferdekräfte, für grössere Scheeren, zum Zerschneiden von groben Eisenstäben bestimmt, 4 bis 6 Pferdekräfte.

**Parallelscheeren (Rahmenscheeren).** Der bei geradlinigen Schneiden der Bogenscheeren hervortretende Uebelstand eines veränderlichen Scheerwinkels wird, ausser durch die schon erwähnte Formung der Schneide nach einer Curve, vermieden, wenn die bewegliche Schneide statt der bogenförmigen Bewegung eine geradlinige, normal gegen die festliegende gerichtete Bewegung erhält. Dadurch wird zugleich die Möglichkeit gegeben, auch sehr breite Stücke, z. B. breite Bleche, mit einem einzigen Schnitte zu trennen, falls die Schneiden lang genug sind, während bei den Hebelscheeren in Folge des Umstandes, dass die Wir-

kung mit dem zunehmenden Abstande vom Drehungspunkte sich verringert, ein Zertheilen sehr breiter Arbeitsstücke nur durch mehrere auf einander folgende Schnitte unter stetem Vorschieben des Arbeitsstücks zu ermöglichen ist.

Die untere Schneide liegt auch hier fest und besitzt eine horizontale Oberkante, die obere wird zwischen zwei senkrechten Führungen auf und nieder bewegt. Damit der Schnitt nicht auf die ganze Länge in einem einzigen Augenblicke erfolge, sondern der Widerstand gegen das Abscheeren allmälig überwunden werde, besitzt die obere Schneide eine Neigung gegen die Horizontale von 7 Grad bei kürzeren, von $3^1/_2$ Grad bei sehr langen Schneiden; oder man giebt, um den erforderlichen Hub (dessen Höhe natürlich mit dem Neigungswinkel und der Länge der Schneide wächst) nicht allzu sehr zu vergrössern, sehr langen Schneiden auch wohl die Form eines stumpfen Winkels, dessen Scheitelpunkt in der Mitte liegt und dessen Schenkel von den Endpunkten nach dem Scheitel unter jenem Winkel ansteigen. Die Bewegung erfolgt gewöhnlich durch Excenter und Druckstange; und zwar pflegt bei kleinen Scheeren mit Schneiden bis zu 600 Mm. Länge eine einzige Druckstange auf die Mitte eines Gleitstücks zu wirken, welches die Schneide trägt, während die Achsenrichtung der Betriebswelle parallel der horizontalen Schneide liegt, und demnach die Bewegung des Excenters und der Druckstange in einer normal gegen die Schneidenrichtung gerichteten Verticalebene erfolgt.

Bei grösseren Parallelscheeren jedoch zum Zerschneiden starker und breiter Bleche würden durch den Antrieb an nur einer Stelle in der Mitte der Schneide sehr leicht Klemmungen an den Enden hervorgerufen werden. Man befestigt deshalb diese langen Schneiden in einem entsprechend starken Horizontalbalken, welcher durch Gegengewichte das Bestreben erhält, emporzusteigen, und bewirkt das Niedergehen durch zwei an den Enden des Balkens angreifende Druckstangen, welche entweder von einer gemeinschaftlichen doppelt gekröpften Welle aus in gleicher Weise wie die Druckstangen der kleineren Scheeren oder auch, da eine solche Welle mit zwei Kröpfungen schwieriger herzustellen ist, häufiger von zwei parallelen Achsen aus bewegt werden, deren Richtung normal gegen die Richtung der Schneiden gerichtet ist, und an deren freien Enden die Excenter befindlich sind.

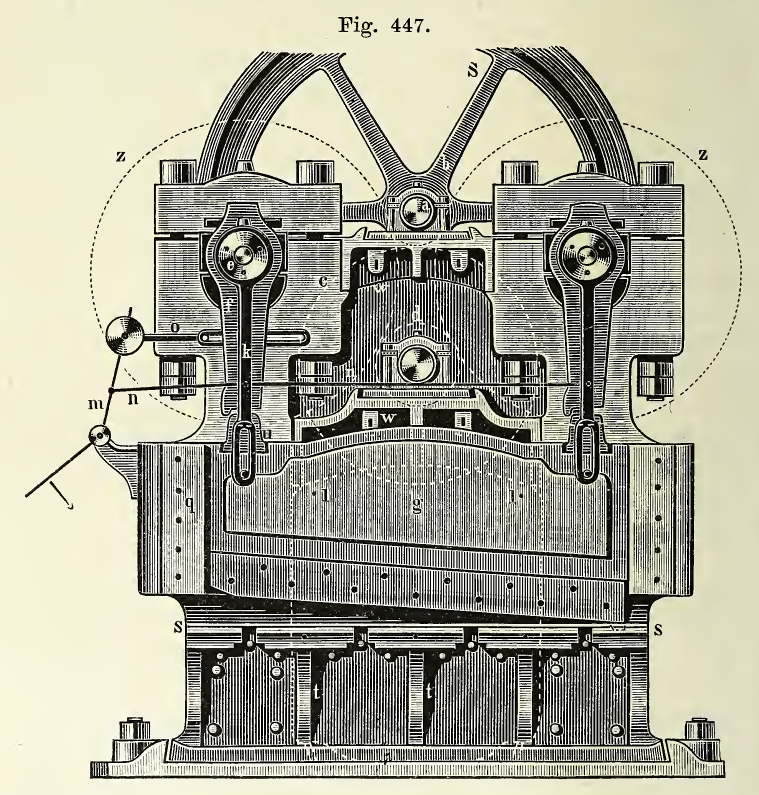
Der Betrieb der Parallelscheeren erfolgt entweder von einer Transmission aus oder direct durch eine Dampfmaschine; während des Leergangs überträgt die Maschine ihre Arbeit an ein Schwungrad und die in solcher Weise angesammelte Arbeit ist es hauptsächlich, durch welche der Schnitt erfolgt.

Um das Einlegen der Arbeitsstücke zu erleichtern, ist bei den meisten Parallelscheeren, insbesondere allen grösseren, Vorkehrung getroffen, durch welche die Druckübertragung ausgerückt werden kann, während die Antriebswelle ununterbrochen ihre Bewegung behält; erst

wenn das Blech die richtige Lage erhalten hat, wird eingerückt und der Schnitt ausgeführt.

Zur Erläuterung hierfür möge die in den Figuren 447 bis 450 gegebene Abbildung einer grossen Blechscheere dienen [1]); und zwar ist Fig. 447 Vorderansicht, Fig. 448 Seitenansicht beziehentlich senkrechter Schnitt durch die Mitte der Maschine, Fig. 449 Ansicht von hinten und Figur 450 Schnitt nach der Linie *MN*. Der Betrieb erfolgt hier durch den an der Rückseite des Scheerengerüstes angeschraubten Dampfcylinder *p*,

Fig. 447.




welcher vermittelst Schubstange und Kurbel die Welle *a* des Schwungrads *S* in Drehung versetzt. Auf derselben Welle befindet sich das kleine verzahnte Rad *b*, welches die Bewegung zunächst auf das Rad *c* und vermittelst des auf derselben Welle mit *c* sitzenden Getriebes *d* auf die beiden Stirnräder *z z* fortpflanzt. Die Achsen dieser letzteren tragen die Excenter, welche auf die mit ihnen verbundenen Druckstangen *f f* wirken. Beim Niedergange drücken die letzteren gegen zwei Untersätze *u u*, welche auswechselbar auf der Platte *g* befestigt sind. *g* trägt an der untern Seite

1) Vergleiche Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, Figur 334 bis 337.

Fig. 448.

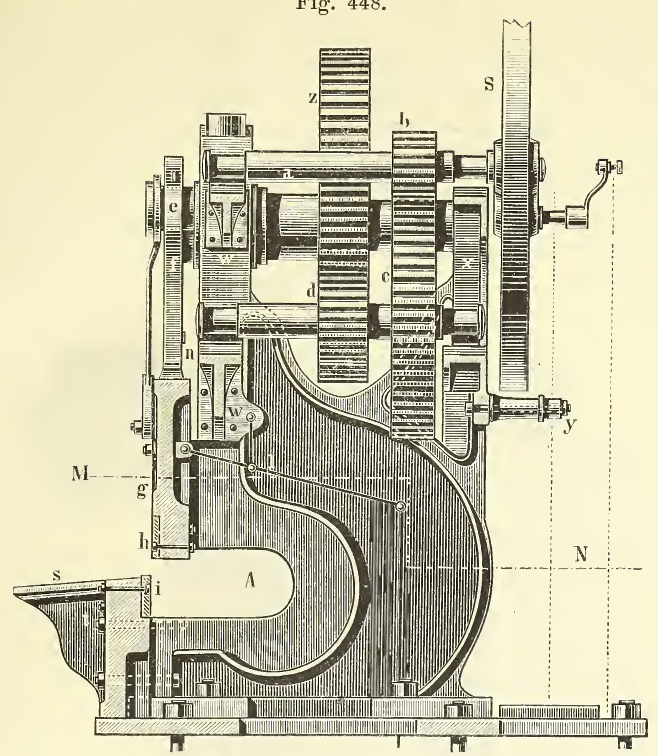
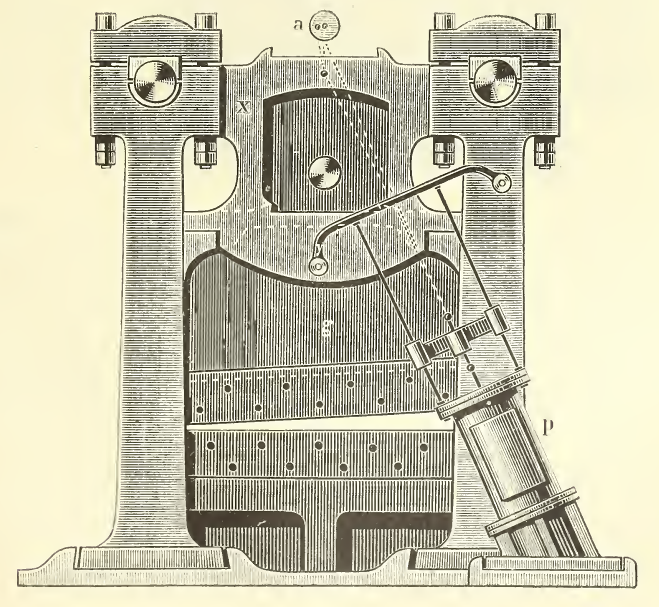
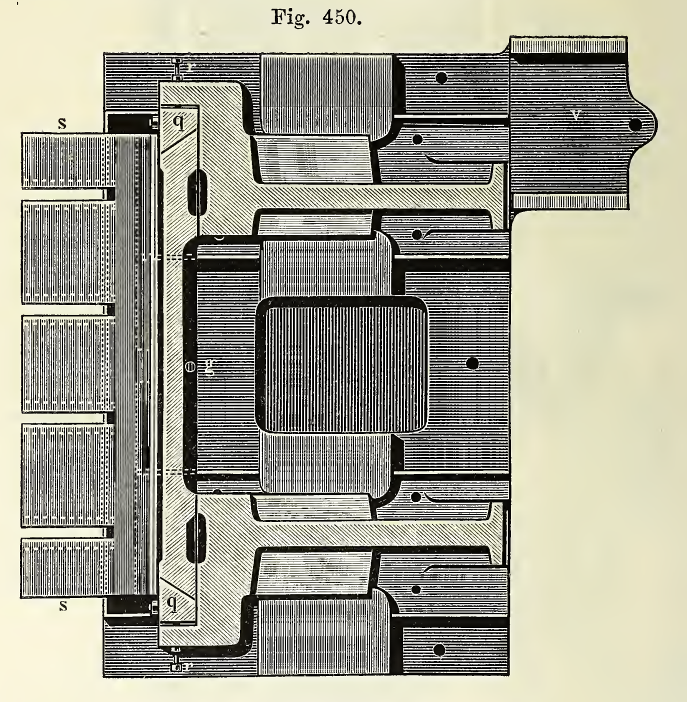



Fig. 449.



die obere Schneide und wird theils zwischen zwei gehobelten schrägen Leisten *b b*, welche stellbar in dem Rahmenstücke befestigt sind, geführt, theils schleift sie mit ihrer Rückseite an dem Gerüste. Beide Drücker *ff* sind durch eine horizontale in Fig. 447 ersichtliche Traverse *n* unter sich und durch eine Zugstange *n* mit dem an der linken Seite der Scheere befindlichen, mit einer Fallkugel beschwerten Winkelhebel *m* verbunden. Durch Niederdrücken des Handgriffs erfolgt in leicht erkennbarer Weise Ausrückung und die Drücker gleiten nunmehr in schräger Lage neben den Untersätzen *u u* auf und nieder. Ein am Winkelhebel befestigter Bügel *o*, welcher bei der Ausrückung gegen einen am Ständer befind-

Fig. 450.




lichen Anschlag trifft, begrenzt die Bewegung nach beiden Seiten hin, während zugleich eine an der linken Seite jedes Drückers angegossene Nase die richtige Stellung desselben beim Wiedereinrücken sichert. Der Anhub der Platte *g* erfolgt durch zwei Hebel *l*, deren kürzere Enden unter eine an der Platte angegossene Rippe oder Nase greifen, während die längeren Enden an schmiedeeisernen Stangen Gegengewichte tragen, eben ausreichend schwer, um das Gewicht der Platte sammt Reibung zu überwinden. In dem höchsten Stande der Platte setzen die Gewichte auf Untersätze auf, somit den Hub beendigend. Ausser diesen Gegengewichten bewirken auch die an den Excentern aufgehängten Zugstangen mit Bügeln *k k* ein Emporziehen der Platte, falls jene Gewichte nicht ausreichend sein sollten, die Reibung zu überwinden; in dem höchsten Stande der Platte

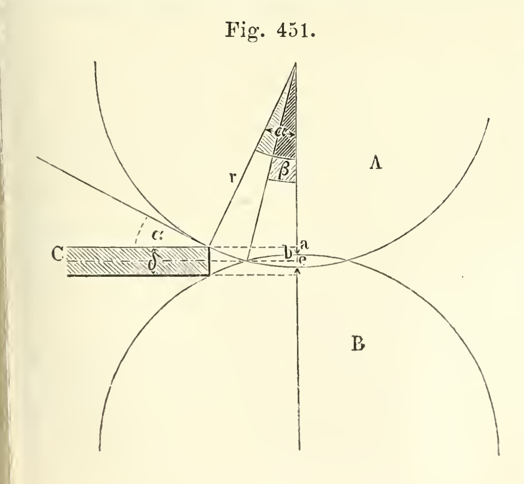
dagegen gestatten die erwähnten Bügel, wie leicht ersichtlich ist, eine freie Bewegung der Excenter, ohne dass ein Druck ausgeübt wird.

Ein je grösseres Gewicht das Schwungrad der Parallelscheeren besitzt und je weniger Schnitte in gegebener Zeit ausgeführt werden, desto geringer braucht die erforderliche Betriebskraft zu sein. Nach Hauer giebt man den grösseren Scheeren für Bleche bis zu 2 M. Länge einen Dampfcylinder von 200 bis 300 Mm. Durchmesser bei 3 Atmosphären Dampfüberdruck, 400 bis 600 Mm. Hub und 100 bis 150 Doppelhübe per Minute mit 6- bis 18-facher Umsetzung, während das Schwungrad bei 1,6 bis 2 M. Durchmesser 800 bis 1200 Kilogramm Gewicht erhält.

**Kreisscheeren (Circularscheeren).** In einer von der bisher beschriebenen Art und Weise abweichenden Form lässt sich die Aufgabe, die Schneiden unter einem constanten Winkel gegen das Arbeitsstück wirken zu lassen, auch erreichen, wenn man der beweglichen Schneide Kreisform giebt und sie um ihren Mittelpunkt dreht, so dass nach und nach jeder Punkt des Umfangs zum Schneiden gelangt, während das Arbeitsstück stetig gegen die Schneide vorgeschoben wird. Je weiter hierbei die beiden Schneiden über einander greifen und je kleiner der Durchmesser der Scheibe ist, desto grösser wird natürlicherweise der Scheerwinkel (aus Tangente an der Angriffsstelle und Bewegungsrichtung des Arbeitsstücks) und desto leichter erfolgt ein Zurückstossen, sobald dieser Scheerwinkel grösser wird als der Reibungswinkel. Hierbei kann die eine Schneide, wie bei den bisher besprochenen Scheeren, fest sein; zweckmässiger ist es in diesem Falle, beide Schneiden kreisförmig zu machen und sich in entgegengesetzter Richtung drehen zu lassen, wodurch eine selbstthätige Verschiebung des Arbeitsstücks erleichtert wird.

Da die Länge der Schneiden einer solchen Kreisscheere endlos ist, so ist auch die Länge der mit derselben zu schneidenden Arbeitsstücke unbegrenzt, und hierin liegt ein wesentlicher Vortheil derselben; leider ist jedoch aus sogleich zu erörternden Gründen nicht dasselbe mit der Dicke der Arbeitsstücke der Fall, und es beschränkt sich deshalb die Anwendung der Kreisscheeren auf das Zerschneiden dünnerer Gegenstände, insbesondere Bleche.

Fig. 451.




Es seien in Fig. 451 $A$ und $B$ die beiden kreisförmigen Schneiden mit den Halbmessern $r$, Durchmessern $d$, $C$ das gegen dieselben vorgeschobene

Arbeitsstück von der Stärke $\delta$, $\alpha$ der Winkel zwischen Tangente an der Angriffsstelle und Bewegungsrichtung des Arbeitsstücks (da zwei kreisförmige Schneiden vorhanden sind, ist in diesem Falle $\alpha$ gleich dem halben Scheerwinkel), $\beta$ der Tangentenwinkel an derjenigen Stelle, wo die beiden Kreislinien sich schneiden, so hat man folgende Beziehungen:

$$\frac{\delta}{2} = ab = r\cos\beta - r\cos\alpha$$

$$\delta = 2r(\cos\beta - \cos\alpha) = d(\cos\beta - \cos\alpha).$$

Hieraus folgt ohne Weiteres, da der Werth $\cos\alpha$ mit zunehmendem Werthe von $\delta$ abnimmt, $\cos\beta$ um so grösser ausfällt, je weniger die Schneiden über einander greifen, dass mit zunehmender Stärke des Metallstücks auch der Durchmesser $d$ der Scheiben wachsen oder $\beta$ verkleinert werden muss. Nun soll aber, damit nicht ein Zurückstossen des Arbeitsstücks eintrete, $\alpha$ kleiner als der Reibungswinkel sein, und selbstverständlich muss $\beta$ immer noch grösser als 0, $\cos\beta < 1$ sein, weil sonst das Scheeren überhaupt nicht mehr vollständig erfolgt, und man setzt erfahrungsmässig $\alpha$ höchstens $= 12^0$, $\beta$ mindestens $= 4^0$; daraus ergeben sich dann die Beziehungen:

$$\delta = d(\cos 4^0 - \cos 12^0) = 0{,}019\ d$$

$$d = 53\ \delta.$$

d. h. der Durchmesser der Scheiben muss mindestens das 53-fache von der Stärke des zu schneidenden Arbeitsstücks betragen.

Bezeichnet man das Maass, um welches die beiden Schneiden über einander greifen, mit $e$, so ist:

$$e = 2(r - r\cos\beta) = d(1 - \cos 4^0) = 0{,}0024\ d$$

$$= \text{ppr}\ \frac{1}{400}\ d.$$

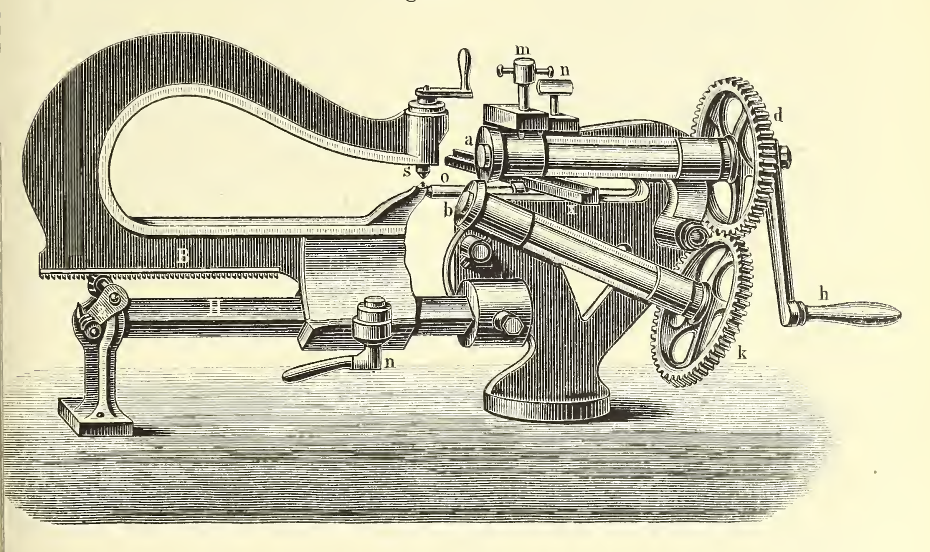
Aus der erörterten Thatsache, dass der Durchmesser der Schneidscheiben mit der Stärke des Arbeitsstücks um ein Vielfaches wachsen muss, und zugleich aus dem Umstande, dass grosse Schneidscheiben sich nur schwierig herstellen und vor dem Verbiegen (Federn) behüten lassen, folgt, dass, wie schon erwähnt wurde, die Kreisscheeren zum Schneiden von Gegenständen mit stärkeren Querschnitten nicht geeignet sind, und die Anwendung von Scheiben mit mehr als 200 Mm. Durchmesser — geeignet für Bleche von mehr als 4 Mm. Dicke — ist deshalb selten.

Die Schneiden der Kreisscheeren sind unter demselben Winkel wie die der früher beschriebenen Scheeren zugeschärft. Die Umfangsgeschwindigkeit der Scheiben und somit die Bewegungsgeschwindigkeit des Arbeitsstücks kann eine ganz beträchtliche sein und beträgt durchschnittlich 600 Mm. per Secunde, bisweilen noch mehr.

Da bei den Kreisscheeren der bei Hebel- und Parallelscheeren unvermeidliche leere Rückgang wegfällt, ist die Ausnutzung der Arbeit eine günstige, und für die meisten Fälle genügt — da nur dünne Arbeitsstücke mit der Kreisscheere getrennt werden — Handbetrieb mit Kurbel- und Zahnradübersetzung.

Eine besondere Eigenthümlichkeit der Kreisscheeren liegt in dem Umstande, dass sie auch curvenförmige Schnitte gestatten, wenn man das Arbeitsstück während des Schneidens entsprechend wendet; und je kleiner die Scheiben sind und je weniger sie über einander greifen, desto kleiner kann der Krümmungshalbmesser der Curve ausfallen. Spannt man ein Blech in bestimmtem Abstande von den zwei Schneiden einer Kreisscheere zwischen Spitzen derartig ein, dass es sich in seiner Horizontalebene drehen, aber nicht verschieben lässt, so wird bei der Bewegung der Schneiden ein Kreis ausgeschnitten, dessen Halbmesser gleich dem Abstande zwischen Schneide und jenem Drehungspunkte des Blechs ist. Hierauf beruht die Construction der in den Werkstätten der Blecharbeiter vielfach benutzten in Fig. 452 abgebildeten Kreisscheere [1]). *a*

Fig. 452.




und *b* sind hier die beiden kreisförmigen Scheerblätter, deren Achsen unter einem Winkel von 20 bis 30 Grad gegen einander geneigt sind, um zu vermeiden, dass die Abfälle sich gegen das untere Scheerblatt sperren. Beide Wellen sind in einem gusseisernen Rahmen gelagert und die obere durch die Schraube *m* in ihrer Lage verstellbar, um richtige Einstellung beider Scheiben gegen einander zu erhalten. *n* ist eine Gegenschraube zur Verhütung eines zu starken Uebereinandergreifens der Scheiben. Der Betrieb erfolgt durch die Handkurbel *h* und die Bewegungsübertragung durch die beiden Kegelräder *d* und *k*. Auf dem

[1]) Aus der Fabrik von E. Kircheis in Aue.

horizontalen Prisma *H* ist der gusseiserne Bügel *B* verschiebbar aufgesteckt. An seiner untern Seite trägt derselbe eine Zahnstange, in welche ein auf dem Ende des Prismas gelagertes Getriebe eingreift; auf der verlängerten Welle des letztern ist die Kurbel *z* befestigt, so dass durch Drehung derselben die Verschiebung des Bügels erfolgt. Zur Feststellung desselben in dem richtigen Abstande von den Scheiben dient die Spannschraube *n*. Das Blech wird nun in dem Mittelpunkte des auszuschneidenden Kreises zwischen die untere Körnerplatte und die verstellbare Stahlspitze *s* eingespannt und mit seiner Kante der Scheere entgegengeführt, welche hierauf in Thätigkeit versetzt wird. Hierbei darf jedoch der Mittelpunkt des Blechs nicht in der durch die beiden Achsen der Scheerenblätter gelegten Verticalebene, sondern muss in der dieser parallelen Ebene liegen, welche durch den Angriffspunkt (Durchschnittspunkt der Kreise) gelegt ist, damit nicht die Entfernung des Mittelpunkts von den Scheibenflächen kleiner sei als von dem Eintrittspunkte und dadurch ein Stauchen des geschnittenen Blechs gegen die Scheiben bei seiner Drehung veranlasst werde. Ist umgekehrt diese Entfernung zu gross, liegt also der Mittelpunkt jenseits jener Parallelebene, so wird durch die Bewegung der Scheerblätter ein Zug gegen das Blech ausgeübt und der Rand fällt unsauber aus. Um nun demzufolge den durch die Spitze *s* gegebenen Mittelpunkt genau einstellen zu können, ist das Prisma *H* in der Horizontalebene drehbar und wird erst durch das Anziehen der in der Abbildung erkennbaren Befestigungsmutter in der gegebenen Stellung festgehalten, wobei ein auf dem Ansatzbunde des Prismas angebrachter Zeiger und zwei Körnerpunkte am Gestelle als Merkmale dienen.

Wenn gerade Streifen geschnitten werden sollen, wird der Bügel *B* zurückgeführt und das auf einem Querstabe *o* verstellbare Lineal *x* als Führung (Anlage) für das Blech benutzt.

Wenn man auf zwei horizontalen, entgegengesetzt gedrehten Wellen eine Anzahl grösserer Schneidscheiben, von denen je zwei und zwei benachbarte durch eine kleinere Mittelscheibe getrennt sind, so anbringt, dass die obere und untere mit einem gleichen Ueberstande wie bei einer gewöhnlichen Kreisscheere in einander greifen, so ist man damit im Stande, einen Streifen von der Breite sämmtlicher Scheiben in so viele einzelne Streifen zu zerschneiden als Scheerblätter vorhanden sind. Man nennt diese Vorrichtung, welche in den Figuren 453 und 454 abgebildet ist, Schneidwerk oder Eisenspaltwerk und benutzt dasselbe zur Darstellung der feinsten Sorten Quadrateisen vermittelst Zerschneidens von Flachstäben. Die Wellen *a b* und *c d* des Schneidwerks sind in starken gusseisernen Ständern gelagert, auf denselben sind die in einander greifenden Scheiben aufgeschoben und durch einen Keil und Nuth mit der Welle verbunden. Zwei Paar starke gusseiserne Ringe, von denen je einer auf der Welle festsitzt, während der andere durch Schrauben mit ihm verbunden ist, sichern die feste Lage der Schneidscheiben. Die

Scheiben sind aus Schmiedeeisen mit verstahlten Rändern gefertigt; da sie mit beiden Kanten schneiden müssen, ist eine Zuschärfung des Randes nicht möglich.

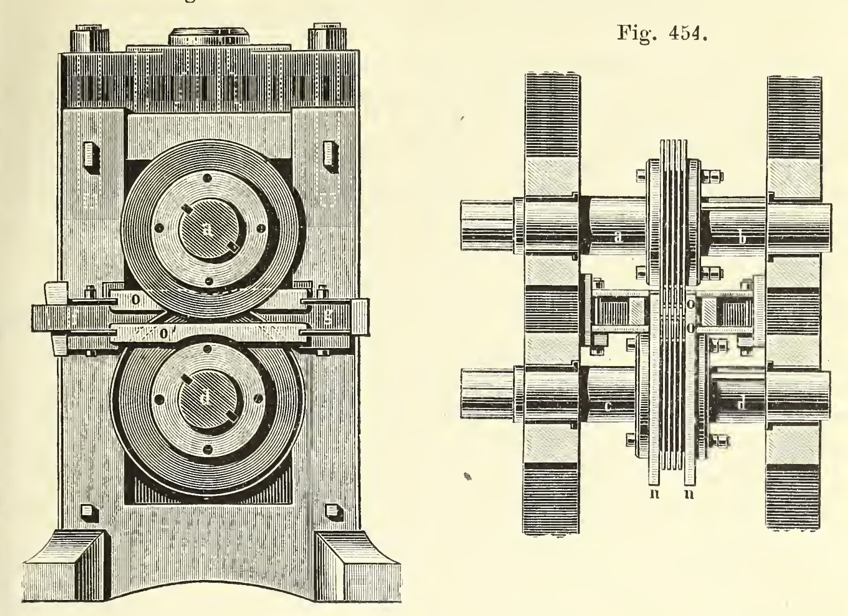


Fig. 453. Fig. 454.

Vor und hinter den Schneiden befinden sich Tische, *f* und *g*, mit Zuführung für den einzubringenden Stab, zwischen den Scheiben sind Abstreifmeissel $o\, o_1$ (Brillen) angebracht, um das Aufwickeln der herauskommenden Streifen um die kleinen Zwischenscheiben zu verhindern.

Die Anwendung solcher Schneidwerke ist älter als die der Walzwerke, und man benutzte dieselben früher zur Darstellung feinen Quadrateisens aus geschmiedeten Stäben. Seit Einführung der Walzwerke verbindet man die — übrigens nicht gerade häufig angewendeten — Schneidwerke durch Kupplungsspindeln mit dem Walzwerke, welches die als Materialeisen für das Schneidwerk dienenden Flachstäbe liefert, so dass die Bewegung von jenem ohne Weiteres auf das Schneidwerk übertragen wird, und zerschneidet die gewalzten Stäbe sofort nach ihrer Vollendung im rothglühenden Zustande. Selbstverständlich ist die Breite jedes geschnittenen Streifens durch die Dicke der Scheiben gegeben und für jede Sorte fertigen Schneideisens ist deshalb eine eigene Garnitur Scheiben erforderlich. Der Durchmesser der Schneidscheiben für feines Quadrateisen pflegt durchschnittlich 350 Mm. zu betragen, Anzahl der Umgänge per Minute 50 bis 60. Zum Betriebe sind nach Hauer 10 bis 12 Pferdekräfte erforderlich, eine Angabe, welche etwas hoch gegriffen erscheint, wenn man

erwägt, dass das Eisen nur im glühenden Zustande, also mit geringer Abscheerungsfestigkeit, geschnitten wird.

### b. Geräthe zum Lochen (Durchstossen).

Man nennt die Arbeit des Abscheerens Lochen, wenn dabei eine geschlossene Figur durch eine entsprechende Gestalt der Schneiden — also nicht durch allmäliges Vorrücken des Arbeitsstücks oder der Schneiden wie bei der Kreisscheere, welche gleichfalls geschlossene Figuren auszuschneiden fähig ist — ausgestossen wird; und zwar kommt, abweichend von den Scheeren, die Schneide fast immer auf ihrer ganzen Ausdehnung mit einem Male zum Angriffe. Hoyer nennt bezeichnend ein Lochwerkzeug eine in sich zurückkehrende Scheere, bei welcher das eine Blatt an dem andern so hinstreift, dass sie sich umhüllen. Das eine Blatt verwandelt sich dadurch in einen prismatischen Stempel, nach seiner Grösse und Bestimmung Durchschlag, Lochstempel, Schneidstempel, Mönch genannt, das andere in eine mit Loch versehene Scheibe, welche Lochscheibe, Lochring, Matrize genannt wird. Hierbei wird also ein Metallstück ausgestossen, dessen Umrisse denen des Lochstempels beziehentlich Lochs der Lochscheibe gleich sind (nach Maassgabe der auf S. 557 erläuterten Vorgänge und Veränderungen). Der Zweck dieser Arbeit kann ein zweifach verschiedener sein: entweder die Herstellung des herausgeschlagenen Stücks, wobei die zurückbleibenden durchlochten Metallstücke Abfälle bilden und Schroten genannt werden; oder die Herstellung von entsprechend geformten Löchern in dem vollen Metalle, wobei die herausgeschlagenen Stückchen, welche man in diesem Falle Putzen nennt, den Abfall bilden. Um in dem letztern Falle die richtige Stellung des Lochs festzulegen, pflegt man den Mittelpunkt desselben zuvor mit dem Körner anzuzeichnen; und bei Stempeln von beträchtlichem Querschnitte bringt man wohl in der Mitte der untern Fläche eine kleine Spitze an, welche nun genau in dem Körnerpunkte einsetzen muss.

Damit das ausgeschlagene Stück leichter durch die Lochscheibe hindurchfalle, erweitert man gern den Durchmesser des Lochs derselben etwas nach unten, wodurch es also eine conische Form erhält, und bewirkt ausserdem dadurch eine Zuschärfung der Schneidkante, welche das Lostrennen erleichtert. Aus demselben Grunde empfiehlt es sich, auch dem Stempel eine schlank conische Form zu ertheilen. Seltener erhält die Schneidkante des Stempels durch Aushöhlung der untern Fläche eine Zuschärfung. Dass in Rücksicht auf die vorgehenden Aenderungen im Materialquerschnitte es zweckmässig sei, dem Stempel einen um ein bestimmtes Maass kleinern Durchmesser zu geben als dem Loche, wurde schon oben (S. 557) durch theoretische Beweisführung erörtert.

Des Durchschlags und Lochrings, wie ihn der Schmied gebraucht, um in geschmiedeten Metallstücken Löcher anzubringen, während dieselben noch glühend sind, wurde bereits bei Besprechung des Schmiedens

gedacht. Ganz ähnliche Werkzeuge werden gebraucht, um in kaltem Metalle von geringer Stärke Löcher durch Ausschlagen hervorzubringen, und man nennt sie zum Unterschiede von jenen Bankdurchschläge. Ein Stahlstäbchen, nach dem einen Ende schwach conisch zulaufend, dieses Ende flach geschliffen, entsprechend profilirt und gehärtet; dazu eine im Schraubstocke befestigte Lochscheibe bilden das ganze Geräth. Das Hindurchtreiben des Durchschlags erfolgt auch hier durch einen Schlag mit dem Hammer. Für sehr dünnes Metall und kleine Löcher lässt sich die Lochscheibe sogar durch eine Unterlage aus Blei, Zinn oder Holz entbehrlich machen, welche durch den ausgeübten Schlag oder Druck einen jedesmaligen Eindruck, eine Vertiefung erhält und somit die Lochscheibe ersetzt.

Durch regelmässige Gruppirung mehrerer Löcher von bestimmter Form lassen sich in Metallblechen auch grössere durchbrochene Muster in dieser einfachen Weise herstellen.

Geschieht die Bewegung und Führung des Stempels nicht unmittelbar durch Handarbeit, sondern durch eine Maschine (welche allerdings in vielen Fällen ihren Antrieb durch menschliche Arbeit erhält), so heisst der Apparat Lochwerk, Lochmaschine, Durchstoss oder Durchschnitt. Zum Durchlochen dickerer Bleche ist dieselbe unentbehrlich, und überall da der Handarbeit weit vorzuziehen, wo, auch bei Verarbeitung dünnerer Bleche, eine Anfertigung in grossem Maassstabe stattfindet.

Die Form des Lochstempels und Lochringes ist bei diesen Maschinen im Wesentlichen die nämliche wie vorhin beschrieben; die Mechanismen, durch welche die durch Menschenkraft oder Elementarkraft geleistete Arbeit auf den Stempel übertragen wird, sind zahlreich. Häufig, und zwar fast stets bei den grösseren Durchschnitten, wird die ununterbrochen geleistete Arbeit in einem Schwungrade aufgespeichert, und dann im Augenblicke des Durchstossens zur Ueberwindung des Abscheerungswiderstandes verbraucht; in diesem Falle ist eine Einrichtung erforderlich, welche eine augenblickliche Ein- und Ausrückung der Stempelbewegung gestattet, ohne die Bewegung der ganzen Maschine ändern zu müssen, also im Wesentlichen mit derjenigen Ausrückungsvorrichtung übereinstimmend, welche bei Besprechung der Parallelscheeren beschrieben wurde.

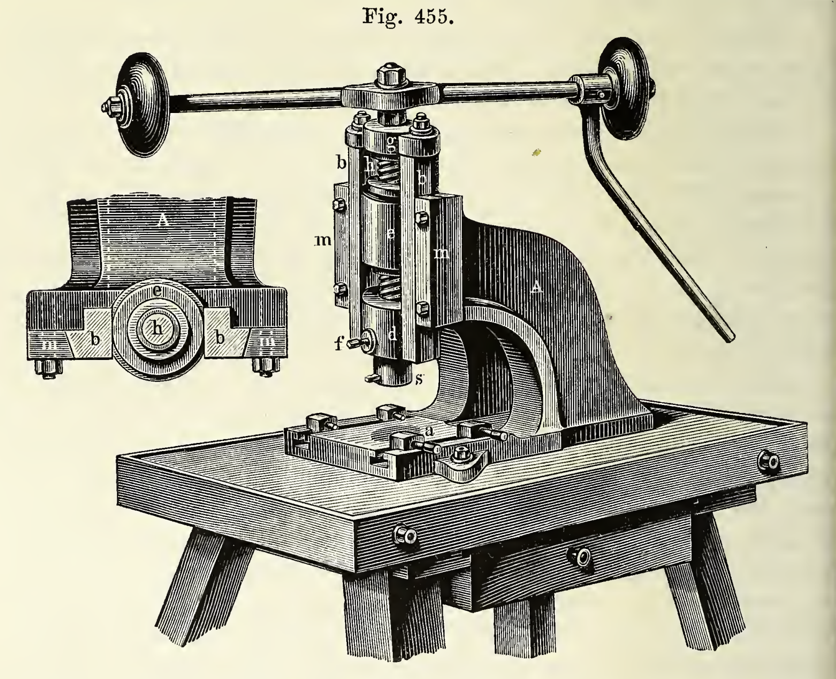
Bei Anwendung menschlicher Kraft zieht man es im Allgemeinen vor, durch eine rasche, stossartige Wirkung des Stempels das Durchstossen auszuführen, bei dem Betriebe durch Elementarkraft dagegen, wo eine stärkere Betriebskraft zu Gebote steht, empfiehlt sich mehr eine langsame, drückende Bewegung, wodurch die Maschine weniger leicht Beschädigungen ausgesetzt ist.

Für den erstern Fall findet die Schraube zur Erzeugung der Stempelbewegung vielfache Anwendung. Man benutzt eine starke Schraubenspindel mit zweifachem Gewinde von solcher Steigung, dass ein Viertel

bis ein Drittel einer Umdrehung zum Durchstossen ausreicht. Ein starker gusseiserner Ständer, entweder rahmenförmig wie ein Walzwerksständer oder einarmig, F-förmig, trägt in dem obern Querstege die Schraubenmutter, an den senkrechten Seiten die Führungen für einen mit der Schraube verbundenen Schieber oder Rahmen, in welchem der Lochstempel, und unter welchem im Fusse des Ständers die Lochscheibe befestigt ist. Die Drehung der Schraube erfolgt durch einen Hebel mit Schwunggewichten.

In Fig. 455 ist eine derartige kleinere Maschine aus der Fabrik von E. Kircheis in Aue abgebildet. *A* ist der gusseiserne Ständer, auf einem stark gebauten Tische festgeschraubt. Zwischen den beiden pris-

Fig. 455.



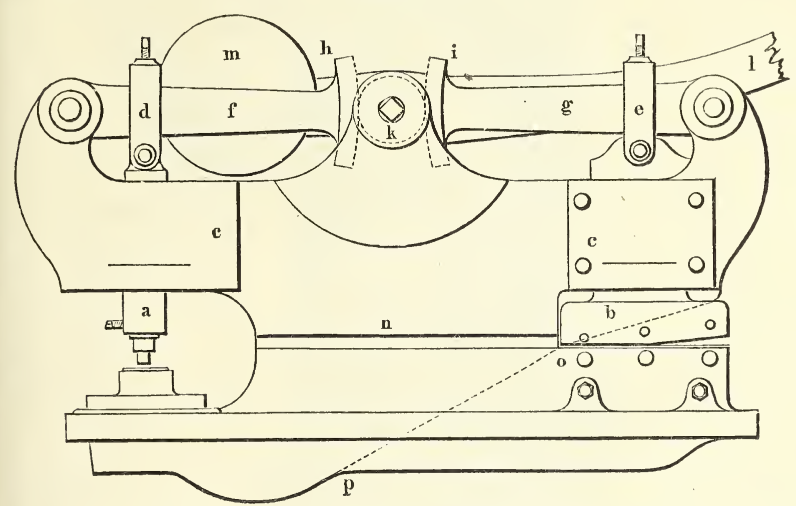

matischen Führungen *m m* desselben gleitet ein Rahmenstück, bestehend aus den senkrechten Prismen *b b*, dem obern Querstücke *g*, welches den Hals der Bewegungsschraube *h* umschliesst, und dem untern Querstücke *d*. Da die Schraube *h* sich innerhalb *d* und *g* frei drehen, aber nicht verschieben kann, so ist der Rahmen gezwungen, jede geradlinige Bewegung der Schraube in der Achsenrichtung mitzumachen. Diese senkrechte Bewegung wird durch Drehung der Schraubenspindel in einer festliegenden Schraubenmutter aus Rothguss hervorgerufen, welche in der am Ständer angegossenen und zwischen die beiden Prismen des Rahmenstücks hineinragenden starken Hülse *e* befestigt ist. In solcher Weise ist eine in hohem Grade sichere Bewegung des Rahmens und Lochstempels erreicht. Letzterer wird durch die Klemmschraube *f* in dem Stempelkopfe *s* fest-

gehalten, welcher, um Stempel von verschiedener Grösse anwenden zu können, auswechselbar in dem Querstücke *d* eingesetzt ist. In dem Fusse des Ständers sind die vier Knaggen verstellbar befestigt, um in der leicht verständlichen Art und Weise zur Befestigung der Lochscheibe zu dienen. Die ausgestossenen Putzen fallen durch die Oeffnung im Fusse und der Tischplatte hindurch in den Schubkasten des Arbeitstischs.

Bei einiger Uebung ist man leicht im Stande, 60 Durchschnitte per Minute mit einer solchen Maschine auszuführen.

Eine häufige Anwendung für die Bewegung des Lochstempels findet auch der Hebel als Kniehebel wie als gerader ein- und zweiarmiger Hebel. Die Einrichtung eines solchen Durchschnitts für Handbetrieb, zugleich verbunden mit einer kleinen Parallelscheere, beide durch einarmige Hebel bewegt, ist durch die Skizze Fig. 456 veranschaulicht [1]).

Fig. 456.




*a* ist ein cylindrischer Schieber, in dessen unterm Ende der Stempel befestigt ist, *b* ein Schieber mit dem beweglichen Scheerenblatte; beide sind in dem Gestelle *c* geführt und jeder durch eine Schelle *d e* und ein Gelenk mit einem einarmigen Hebel *f g* verbunden, deren jeder durch ein Zahnradsegment *h i* mit einem auf der Achse *k* sitzenden Getriebe im Eingriffe steht. Durch einen auf die Achse *k* aufgesteckten Handhebel von angemessener Länge, welcher durch ein Gewicht *m* ausbalancirt ist, wird das Getriebe bewegt, und je nachdem der Arbeiter den Durchschnitt oder die Scheere in Benutzung nehmen will, steckt er den Hebel an der einen oder andern Seite auf.

Auch für Maschinenbetrieb ist die Benutzung des doppelarmigen Hebels als Durchstoss nicht selten, obgleich derselbe für grössere Lei-

---

[1]) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung, Bd. II, S. 73 (Hartig).

stungen erheblichen Platz beansprucht; dagegen besitzt er den Vortheil geringer Reibungsverluste, und somit günstiger Ausnutzung der Arbeit; und durch eine entsprechende Form des hebenden Excenters oder Daumens ist man im Stande, die Maschine mit beschleunigtem Rückgange arbeiten zu lassen. Der Hebel dieser Maschinen einfacherer Art ist in seiner äussern Form dem in Fig. 446 abgebildeten Scheerenhebel ähnlich, das Verhältniss der Hebelarmlängen aber grösser, und das Gerüst mit einer Führung für den durch den kürzern Hebelarm bewegten Lochstempel versehen. Die Bewegung des langen Hebelarms pflegt zur Erzielung eines beschleunigten Rückgangs durch ein herzförmiges Excenter bewirkt zu werden [1]).

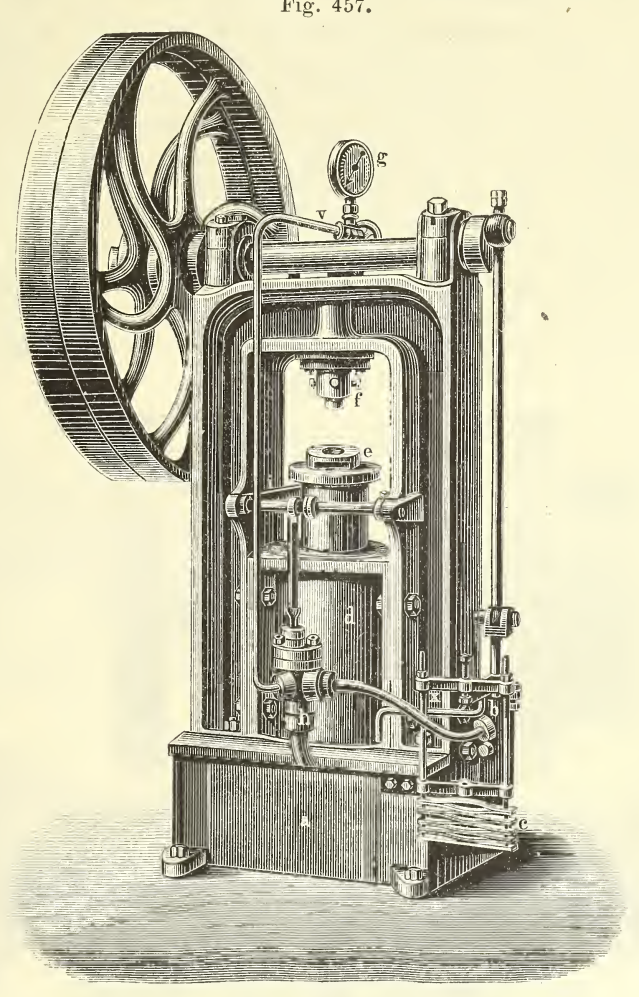
Für grosse Leistungen findet man auch die hydraulische Presse zur Bewegung des Lochstempels in Anwendung. Ein solcher hydraulischer Durchschnitt, aus der Fabrik von M. Hasse u. Comp. in Berlin, ist in Fig. 457 abgebildet. Von einer Dampfmaschine oder Transmission aus wird die Bewegung durch die eine der beiden Riemenscheiben (deren zweite als Losscheibe für längere Ausrückung benutzt wird) auf die horizontale Welle und von hier durch Kurbel und Schubstange auf die Saug- und Druckpumpe *b* übertragen, welche ihr Wasser unmittelbar aus dem Wasserbehälter *a* — der zugleich als Untersatz der Maschine dient — entnimmt. Ein Sicherheitsventil mit Federbelastung *c* dient zur Regulirung des Drucks. Bei geöffnetem Sicherheitsventile fliesst das Wasser durch das Rohr *x* nach *a* zurück. Von der Pumpe wird das Wasser zunächst durch das gebogene Rohr nach dem mit entlastetem Steuerungsventile versehenen Steuerungscylinder *h* gedrückt, welcher durch das Rohr *v* mit dem Controlmanometer *g* in Verbindung steht. Ein Handhebel *i* dient zur Bewegung des Steuerungsventils vermittelst der horizontalen Steuerungswelle und einer an dieser befindlichen kleinen Kurbel mit Schubstange, welche an die Ventilstange angeschlossen ist. Der Steuerungscylinder *h* ist mit dem Druckcylinder *d* durch ein kurzes Rohr mit Flantsch verbunden. So lange das Steuerungsventil geöffnet erhalten wird, fliesst das Wasser durch das unterhalb des Steuerungscylinders befindliche Rohr in den Behälter *a* zurück; schliesst man nun das Ventil, so tritt das Wasser in den Druckcylinder *d* unter den Kolben und dieser steigt. Auf dem Kolben ist die stählerne Lochscheibe *e* auf einem durchbrochenen gusseissernen Untersatze derartig befestigt, dass die ausgeschnittenen Stücke ohne Schwierigkeit unterhalb derselben entfernt werden können; oberhalb der Lochscheibe in ihrer verlängerten Achsenrichtung befindet sich der Stempel *f* an den Ständer befestigt. Diese Abweichung von der sonst üblichen Methode, bei wel-

---

[1]) Abbildungen von Hebeldurchschnitten mit Maschinenbetrieb in Petzholdt, Eisenbahnmaterial, Taf. XVI, Fig. 1 bis 4; ferner Wencelides, Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia, S. 91 ff.

cher die Bewegung durch den Stempel ausgeführt wird und die Lochscheibe ruht, ist lediglich aus constructiven Rücksichten hervorgegangen. Nach beendigtem Schnitte wird das Steuerungsventil geöffnet, der Kolben sinkt in Folge seines eigenen Gewichts und drückt

Fig. 457.



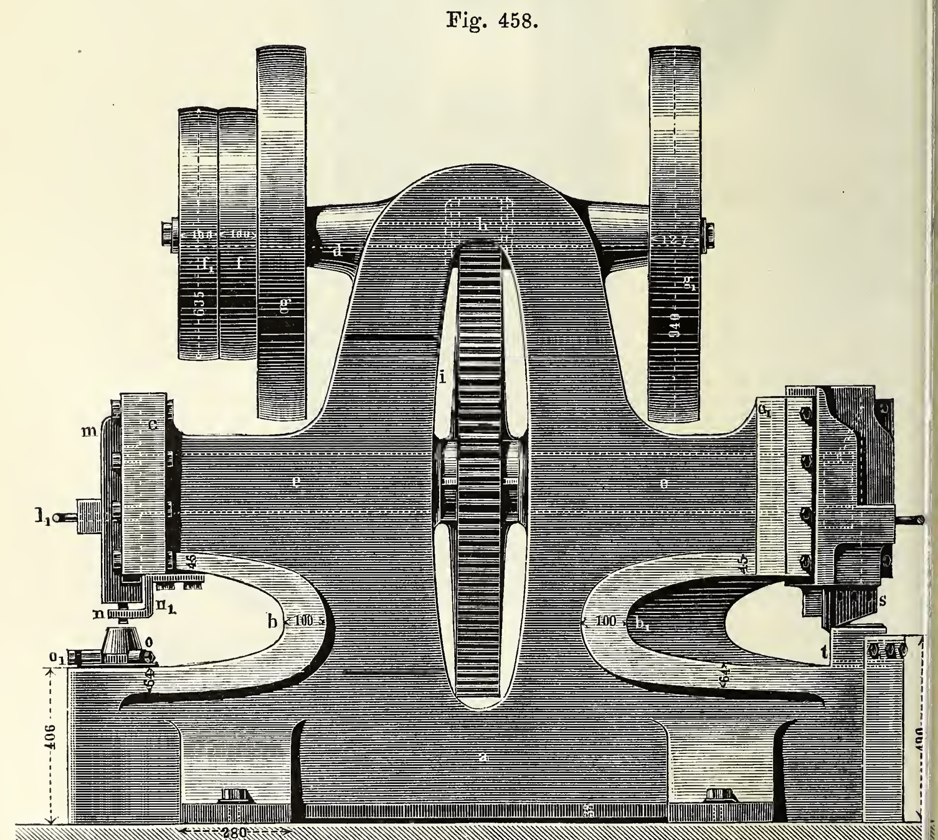

das Wasser aus dem Druckcylinder durch den Steuerungscylinder in den Behälter *a* zurück. Um das Niedergehen des Kolbens der Stärke der zu durchstossenden Bleche entsprechend zu begrenzen, legt man ein eisernes Band um denselben, welches nach Bedürfniss höher oder tiefer gestellt werden kann.

Diese Presse liefert einen Maximaldruck von 60 000 Kilogramm und wird zum Ausstossen der mannigfachsten Gegenstände aus Blechen benutzt. Starke Bleche werden im glühenden Zustande durchstossen, und

pro Stunde können, wenn das Einlegen der Bleche rasch genug folgt, bis zu 150 Durchschnitte gemacht werden. Durch die geringe räumliche Ausdehnung, leichte Aufstellung und Fundamentirung bei grosser Leistung zeichnet sich diese Presse vortheilhaft aus.

Bei der Aehnlichkeit, welche die Stempelbewegung einer Lochmaschine mit der Bewegung einer Parallelscheere besitzt, sind auch die für letztere angewendeten Bewegungsmechanismen, insbesondere die Uebertragung der Bewegung durch Kurbel (Excenter) und Druckstange auf das Werkzeug, vielfach für jene in Anwendung und zeichnen sich durch geringe Rauminanspruchnahme und leichten Anschluss an eine vorhandene Transmission aus, während allerdings ihr Arbeitsverlust durch Reibung denjenigen der Hebeldurchschnitte übertreffen dürfte. Wegen jener Vorzüge jedoch sind die Durchschnitte dieser Art in fast jeder grössern Maschinenfabrik zum Lochen von Blechen und Stäben zu finden; und nicht selten ist die Einrichtung, dass man zur Raum- und Materialersparung ähnlich wie bei der in Fig. 456 abgebildeten kleinen Maschine für

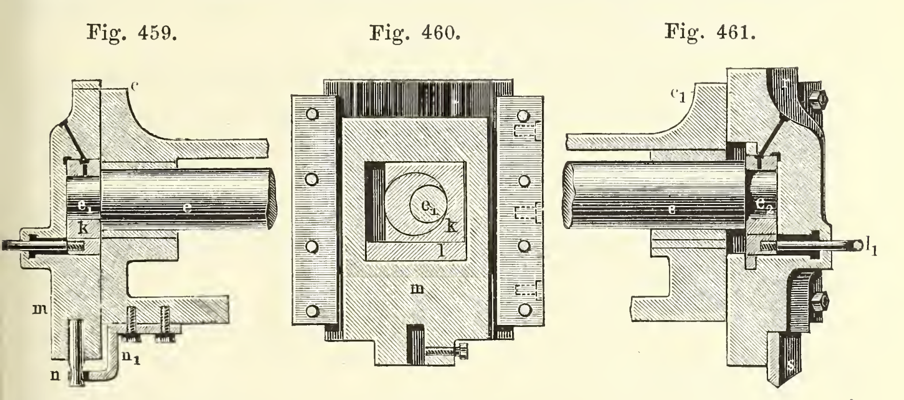
Fig. 458.



Handbetrieb auch einen grossen Durchstoss und Scheere in einem gemeinschaftlichen Gerüste mit gemeinschaftlichem Antriebe vereinigt.

Einen solchen Durchstoss und Scheere mit gemeinschaftlichem Hohlgussgestelle aus der Maschinenfabrik von Collet und Engelhard in Offenbach zeigen die Abbildungen Fig 458 bis 461 [1]). Die Scheere befindet sich auf der einen, der Durchstoss auf der andern Seite des in einem Stücke gegossenen Gestells *a*. Die Schneiden der Scheere stehen schräg gegen die Achsenrichtung der Arbeitswelle und der Gestellwandungen, wodurch es möglich wird, auch lange Schienen und Stangen zu zerschneiden. Hinter den Werkzeugen befinden sich tiefe und durch Rippen gut verstärkte Einkröpfungen *b* und $b_1$, welche ein entsprechend weites Einbringen der zu schneidenden oder zu lochenden Bleche ermöglichen. Der Antrieb geschieht von der im Gestelle gelagerten Welle *d* aus, welche die zwei Riemenscheiben $f f_1$, die Schwungräder $g g_1$ und das kleine Getriebe *h* trägt, von welchem aus durch eine einfache Uebersetzung die Arbeitswelle *e* betrieben wird. Letztere ruht in Lagern der

Fig. 459. Fig. 460. Fig. 461.




Theile *c* und $c_1$, und endigt in den beiden excentrischen Zapfen $e_1$ und $e_2$ (Fig. 459, 460, 461), von denen der erste den Durchstoss, der zweite die Scheere bewegt. Beide Zapfen sind so gegen einander angeordnet, dass, während das eine Werkzeug arbeitend niedergeht, das andere leer emporsteigt. Der Lochstempel *n* ist vermittelst einer Klemmschraube in dem Rahmen oder Schlitten *m* befestigt, welcher auf der senkrechten Bahn *c* und zwischen zwei senkrechten Führungsleisten auf und nieder geht. Dieser Rahmen ist mit einer rechteckigen Aussparung (Schleife) versehen (vergl. Fig. 460), in welcher das auf dem Zapfen $e_1$ befestigte Gleitstück *k* den nöthigen Spielraum für die seitliche Bewegung findet, während unterhalb *k* durch ein eingeschobenes Beilagestück *l* eine enge Verbindung mit dem Schlitten *m* hergestellt ist, so dass letzterer sammt dem Lochstempel von dem sich im Kreise bewegenden Zapfen $e_1$ auf

[1]) Hart, Werkzeugmaschinen, 2. Auflage Taf. 62.

und nieder bewegt wird. Soll Ausrückung des Lochstempels stattfinden, so wird vermittelst des Handgriffs $l_1$ das Stück $l$ so weit herausgezogen, dass das Gleitstück $k$ auch Spielraum für die senkrechte Bewegung des Schlittens innerhalb $m$ erhält. Eine Gewichtsausgleichung des letztern, wie sie bei grossen Parallelscheeren zum Emporhalten in der höchsten Stellung sich erforderlich macht, ist bei dem geringern Gewichte dieses Schlittens nicht erforderlich, und die Reibung an den Führungen reicht aus, ein selbstthätiges Niedergehen vor beendigtem Umgange des Excenters zu verhindern.

Der unter dem Stempel befindliche Lochring $o$ steht auf dem mit senkrechter Bohrung versehenen Vorsprunge des Gestells und wird durch drei radial gerichtete Stellschrauben $o_1$ centrirt und gehalten. Endlich dient die Gabel (Froschplatte) $n_1$ dazu, ein Emporziehen der durchlochten Bleche durch den zurückgehenden Stempel unmöglich zu machen. Der Bewegungsmechanismus für die Scheere hat dieselbe Einrichtung wie der soeben beschriebene für den Lochapparat und ist in Fig. 460 im senkrechten Durchschnitte abgebildet.

Die beiden Werkzeuge der vorstehend beschriebenen Maschine besitzen einen Hub von 40 Mm., die grösste Dicke der zu schneidenden Bleche beträgt 20 Mm., die Breite der Scheere (Länge der Scheerblätter) 230 Mm., die Anzahl der Hübe per Minute 13.

Nach Hartig's Ermittelungen über den Arbeitsverbrauch bei Werkzeugmaschinen lässt sich für Durchschnitte der totale Arbeitsverbrauch nach der Formel:

$$N = N_0 + 3{,}71\ F\ .\ \alpha \text{ Pferdestärken}$$

berechnen, worin:

$N_0$ der Arbeitsverbrauch der Maschine im Leergange (zur Ueberwindung der Reibungswiderstände);
$F$ die stündliche Schnittfläche in Quadratmetern;
$\alpha$ eine Ziffer bedeutet, welche aus der sogleich folgenden Tabelle zu entnehmen ist und den Arbeitsverbrauch pro 1 Quadratmillimeter Schnittfläche in Meterkilogrammen angiebt. Es beträgt erfahrungsmässig

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für eine grösste Blechdicke von . . . . . . . . . . | 10 | 20 | 30 | 40 Mm. |
| der Arbeitsverbrauch $N_0$ im Leergange . . . . . . | 0,16 | 0,32 | 0,55 | 0,82 Pfdst. |
| der Arbeitsverbrauch pro 1 Quadratmillimeter Schnittfläche $\alpha$ . . . . | 0,395 | 0,540 | 0,685 | 0,830 |
| die zweckmässigste Anzahl der Schnitte per Minute | 10 | 9,2 | 8,3 | 7,5 |

Wenn z. B. bei einem Bleche von 10 Mm. Stärke stündlich 0,5 Qm. Schnittfläche ausgestossen werden, so berechnet sich der gesammte Arbeitsverbrauch zu:

$$N = 0{,}16 + 3{,}71 \,.\, 0{,}395 \,.\, 0{,}5 = 0{,}9 \text{ Pferdestärken.}$$

Die Anwendung der Durchschnitte oder Lochmaschinen ist eine ungemein häufige. Zum Lochen, d. h. für Herstellung von Löchern in Gegenständen, wobei der ausgestossene Putzen Abfall ist, dienen sie in den Dampfkesselfabriken, in den Schienenwalzwerken zum Lochen der Schienen, in jeder Maschinenfabrik bei den verschiedenartigsten Gegenständen aus schmiedbarem Eisen, Messing, Kupfer; in den Klempnerwerkstätten bei Anfertigung durchbrochener Arbeiten in mannigfachen Mustern; zum Ausstossen von plattenförmigen Körpern mit bestimmten Umrissen dienen sie beispielsweise bei der Darstellung verschiedener Gegenstände für Eisenbahnzwecke (Schienenlaschen u. dergl.), von Münzen, von Stahlschreibfedern, von Blechlöffeln, von Uhrzeigern, von Messer- und Scheerenklingen, von Schlosstheilen, von Metallknöpfen, zum Ausschneiden der Zähne an Sägen, und in sehr vielen anderen Fällen.

Für solche besondere Zwecke sind oft die Durchschnitte mit noch besonderen Einrichtungen versehen, welche die Arbeit fördern helfen, indem sie z. B. die Metallplatten, aus denen die betreffenden Gegenstände ausgestossen werden sollen, nach jedem Schnitte selbstthätig um so viel vorschieben, als erforderlich ist, um einen neuen Schnitt auszuführen [1]); oder indem man mehrere Stempel neben einander wirken lässt, um die Arbeit zu beschleunigen, u. dergl. Häufig sollen auch die ausgestossenen Arbeitsstücke noch Oeffnungen erhalten, welche wieder durch Lochen hergestellt werden müssen. Zur Ersparung an Arbeit und zur grössern Genauigkeit lässt man hierbei wohl einen Stempel, welcher das innere Loch ausstösst, in dem andern gehen, so beim Ausstossen von sechseckigen Schraubenmuttern mit rundem Loche, von Blechknöpfen mit Löchern, von Gliedern zu Uhrketten u. s. w.

---

## Literatur über Scheeren und Lochmaschinen.

Ausser den oben (Seite 569) angeführten grösseren Werken über Werkzeugmaschinen:

v. Hauer, Hüttenwesensmaschinen, 2. Auflage, S. 576 bis 592 (Scheeren).

Mittheilungen des Hannoverschen Gewerbevereins, Jahrgang 1862, S. 137 (Hebelscheeren).

---

[1]) Dieser Vorschub kann z. B. durch ein neben der Matrize stehendes Paar kleiner Walzen ausgeführt werden, welche das unter dem Stempel hervorkommende Ende des Arbeitsstücks erfasst, und durch ein Schaltwerk bei jedem Stempelaufgange um so viel gedreht wird, als erforderlich ist, um das Arbeitsstück für den folgenden Schnitt in die richtige Lage zu bringen.

Dingler, Polytechnisches Journal, Bd. 186, S. 117, Bd. 197, S. 398, Bd. 204, S. 20, Bd. 207, S. 451 (Loch- und Scheermaschinen).

Wiebe, Skizzenbuch, Jahrg. 1873, Heft 2, Jahrg. 1869, Heft 5 (Loch- und Scheermaschinen).

Zeichnungen der Hütte, Jahrg. 1858, Bt. 19, Jahrg. 1861, Bt. 6, Jahrgang 1861, Bt. 18k, Jahrg. 1864, Bt. 21, Jahrg. 1865, Bt. 23ab, Jahrg. 1872, Bt. 6 (Scheeren). Jahrg. 1862, Bt. 12ab, Jahrg. 1868, Bt. 32b (Lochmaschinen).

Zeitschrift deutscher Ingenieure, Jahrg. 1862, S. 589, Jahrg. 1867, S. 9.

Engineering, Jahrg. 1871, S. 399; daraus im Polytechnischen Centralblatt 1872, S. 227.

Deutsche Industriezeitung, Jahrg. 1865, Nr. 18.

Rittinger, Erfahrungen, Jahrg. 1865, S. 13.

---

## B. Geräthe zum Schneiden.

### a. Meissel und Grabstichel.

Ein vierkantiges Stück Stahl, der bessern Handhabung halber mit gebrochenen Kanten, an einem Ende keilförmig unter einem Winkel von 15 bis 30 Grad ausgeschmiedet und in eine unter einem Winkel von 45 bis 70 Grad angeschliffene Schneide endigend, bildet den gewöhnlichen Meissel. Ist derselbe durch den Gebrauch stumpf geworden, werden die Schneidflächen von Neuem angeschliffen; und wenn man durch öfter wiederholtes Anschleifen zu weit in den stärkern Theil kommt, die Schneidflächen also zu lang werden, wodurch das Abfliessen des Spans behindert ist, so wird der Meissel von Neuem schlank ausgeschmiedet.

Nach jedem Schmieden wird der Meissel an der Schneide gehärtet, und, der Härte des zu bearbeitenden Materials entsprechend, gelb bis blau angelassen. Der der Schneide entgegengesetzte Theil des Meissels, der Kopf, bleibt ungehärtet.

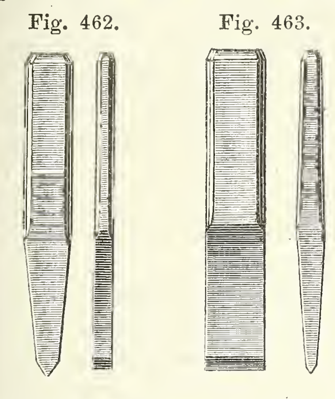
Die gröbste Form des Meissels wird durch den früher (Seite 457) beschriebenen Schrotmeissel mit Abschrot gebildet.

Die bei der Vollendung der Form gebräuchlichen Meissel, welche man zum Unterschiede von jenen Bank- oder Kaltmeissel nennt, werden ohne Stiel mit der linken Hand schräg gegen die zu bearbeitende Metallfläche aufgesetzt und mit Hammerschlägen, durch die rechte Hand ausgeführt, vorwärts getrieben, dabei Späne vom Metalle ablösend. Handelt es sich hierbei darum, mit wenigen Schlägen eine tief einschneidende Wirkung hervorzubringen — eine Arbeit, welche wir früher als „Schroppen“ bezeichnet haben —, so wendet man einen Meissel mit schmaler Schneide an, bei dem also die Wucht jedes Schlages auf eine geringere Spanbreite concentrirt ist und somit eine grössere Spandicke zur Folge hat. Ein solcher Meissel wird hergestellt, indem man einen rechteckigen

oder entsprechend ausgeschmiedeten quadratischen Stahl von den schmalen Seiten her zuschärft, Fig. 462, so dass also die Schneidkante normal gegen die breite Seite gerichtet ist, und man nennt den Meissel der sich kreuzenden Richtung von Schneidkante und breiter Seite halber Kreuzmeissel. Derselbe findet vielfache Anwendung zum Aushauen von Nuthen, Furchen, Lostrennen einzelner Stücke vom Ganzen u. s. w.

Wenn dagegen die Aufgabe vorliegt, von einer grossen Fläche Späne von geringerer Dicke abzunehmen — eine Arbeit, dem früher besprochenen Schlichten ähnlich —, so eignet sich dazu besser ein Meissel mit breiter Schneide, Fig. 463, welcher durch Zuschärfen der breiten Seiten eines rechteckigen Stabes gebildet wird. Dieser Meissel heisst Flachmeissel und findet die mannigfachste Verwendung bei der Vollendung der Oberfläche gegossener, geschmiedeter oder gepresster Metallgegenstände, zur Entfernung stehen gebliebener Grate oder unabsichtlich entstandener Unebenheiten, zur Berichtigung von Querschnittsabmessungen, welche bei der rohen Formgebung nicht in höchster Genauigkeit herzustellen und deshalb absichtlich etwas zu reichlich hergestellt waren (in welchem Falle der Meissel die rascher arbeitenden aber kostspieligeren Werkzeugmaschinen ersetzt), und in vielen anderen Fällen.

Fig. 462. Fig. 463.

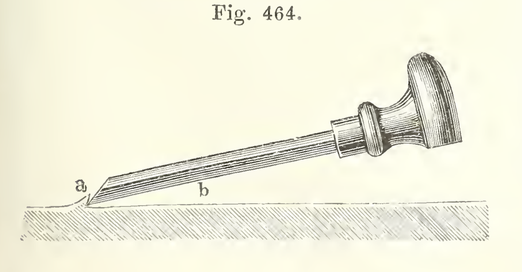


Die üblichste Länge der Meissel ist 100 bis 250 Mm., ihre Stärke und Breite 6 bis 40 Mm., die Breite der Schneiden bei Kreuzmeisseln oft nicht mehr als 2 Mm.

Seltener als jene Meissel mit geradlinigen Schneidkanten und nur für ganz bestimmte Zwecke werden Meissel mit bogenförmig ausgehöhlten Schneiden angewendet.

Wenn der Meissel statt durch Hammerschläge sicherer aber weniger kräftig allein durch den Druck der Hand bewegt wird, so heisst er Grabstichel (Fig. 464). Er ist kleiner als der gewöhnliche Meissel und am Kopfe zur bequemern Handhabung mit einem hölzernen Hefte versehen. Da die Schneide des Grabstichels in mannigfachen Formen hergestellt werden muss, so fertigt man denselben aus Stahlstäbchen von dreiseitigem, quadratischem, rundem, trapez-

Fig. 464.



förmigem, rechteckigem oder elliptischem Querschnitte und bildet die Schneide durch Anschleifen nach bestimmten Flächen. Die durch das Anschleifen entstehende schräge Fläche *a* nennt man Kappe oder Schild und diejenige Fläche oder Kante *b*, welche nach unten gerichtet ist und im Profile der Schneide mit der Kappe zusammen den Schneidwinkel einschliesst, heisst Bahn. Wenn man, wie in der Abbildung, die Schneide durch Anschleifen eines quadratischen oder trapezförmigen Stäbchens, bei dem die Bahn durch eine der Kanten gebildet ist, herstellt, so erhält sie die Form einer durch drei Flächen gebildeten Spitze, und das Werkzeug heisst Grabstichel im engern Sinne; wird bei demselben Stäbchen die Kappe in solcher Richtung angeschliffen, dass die Bahn durch eine der Flächen gebildet wird, so erhält man eine geradlinige Schneide (Flachstichel); aus Rund- und elliptischen Stäbchen entstehen bogenförmige Schneiden u. s. f.

Die Länge der Grabstichel pflegt 80 bis 100 Mm. ohne das Heft, ihre Stärke 2 bis 6 Mm. zu betragen. Die Schneide wird wie bei Meisseln gehärtet und angelassen.

Man benutzt die Grabstichel in allen Fällen, wo kleine Metalltheilchen weggenommen werden sollen, denen mit gröberen Werkzeugen nicht beizukommen ist, immer also für die letzte Vollendung der Form. So in den Werkstätten der Kupferstecher, beim Graviren von Zeichnungen, Inschriften, bei Herstellung von Petschaften, Prägstempeln für Münzen, beim Nacharbeiten sehr feiner Metallwaaren, die erst dadurch ihre künstlerische Vollendung erhalten; u. s. f.

In ihrer Wirkung derjenigen des Meissels ähnlich sind auch die bekannten Kneif- oder Beisszangen, sobald sie zum Abtrennen von Drahtenden u. dergl. gebraucht werden. Man kann sich ihre Schneiden als zwei gegen einander gerichtete Meissel vorstellen, welche durch doppelarmige Hebel ihre Bewegung erhalten.

### b. Der Hobel und die Hobelmaschinen.

Wenn man ein meisselartiges Werkzeug, welches durch die freie Hand geführt nur sehr allmälig und in unvollkommener Weise eine vorgeschriebene Bahn zurücklegt, mit einer Vorrichtung versieht, welche seine Bewegung sichert und das mit jedem Hammerschlage stossartig eintretende Vorrücken des Meissels in ein auf der ganzen Bahn ununterbrochen thätiges Schneiden in geradliniger Richtung verwandelt, so erhält man den Begriff des Hobels; und wenn die Bewegung durch eine Maschine geschieht, der Hobelmaschine.

In den meisten Fällen beruht die Wirkung des Hobels in der Erzeugung gerader Flächen; wenn jedoch die Schnittbreite gering ist und das Arbeitsstück nach jedem Schnitte um eine der Schnittrichtung parallele Achse um so viel gedreht wird, als die Schnittbreite beträgt, so

entsteht ein vielseitiges Prisma, dessen Umfang jedoch bei der geringen Breite jedes Schnitts als Cylinderfläche betrachtet werden kann.

Während für die Holzbearbeitung der bekannte Handhobel, bei welchem der Meissel (Hobeleisen genannt) in dem Hobelkasten geführt ist, ein fast unentbehrliches Werkzeug bildet, ist derselbe für die Metallbearbeitung nur äusserst selten in Anwendung, für die Bearbeitung härterer Metalle sogar unbenutzbar und wird bei diesen durch die Hobelmaschine ersetzt.

Wie sich schon aus der gegebenen allgemeinen Erklärung des Begriffs „Hobelmaschine" ergeben dürfte, beschreibt bei derselben das Werkzeug — Meissel, Hobelstahl oder allgemein Stahl genannt — auf dem Arbeitsstücke eine geradlinige Bahn, indem entweder dieses oder jenes bewegt wird; und es muss demnach bei Bearbeitung breiterer Flächen, als die Breite der Schneide beträgt, nach Beendigung jedes Schnitts eine Zurückführung des bewegten Theils an den Anfangspunkt der Bahn stattfinden, damit dort nach erfolgter ruckweiser Schaltbewegung ein zweiter Schnitt neben dem ersten beginnen kann. Diese Zurückführung kann schneidend geschehen, wobei der Stahl eine Drehung um seine Achse von 180 Grad machen muss, um seine Schneide der entgegengesetzten Bewegungsrichtung entsprechend zu wenden; oder, was bei Weitem häufiger ist, der Rückgang kann leer stattfinden. In letzterem Falle ist die Einrichtung eines beschleunigten Rückgangs zweckmässig, um Zeit zu ersparen.

Nach der verschiedenartigen Ausführung der Haupt- und Schaltbewegung theilt man die Hobelmaschinen für Metallbearbeitung in drei Gattungen ein.

**Planhobelmaschinen.** Das Arbeitsstück macht die Hauptbewegung, in horizontaler Richtung hin- und zurückgehend, das Werkzeug macht die Schaltbewegung normal gegen die Hauptbewegung, meistens gleichfalls in horizontaler Richtung. Es entsteht also in allen Fällen eine gerade Fläche, wagerecht, senkrecht oder geneigt, je nachdem die Schaltbewegung die eine oder andere Richtung besitzt.

Durch die Figuren 465 bis 469 ($^1/_8$ d. w. Gr.) kann die Einrichtung einer Planhobelmaschine mittlerer Grösse erläutert werden [1]).

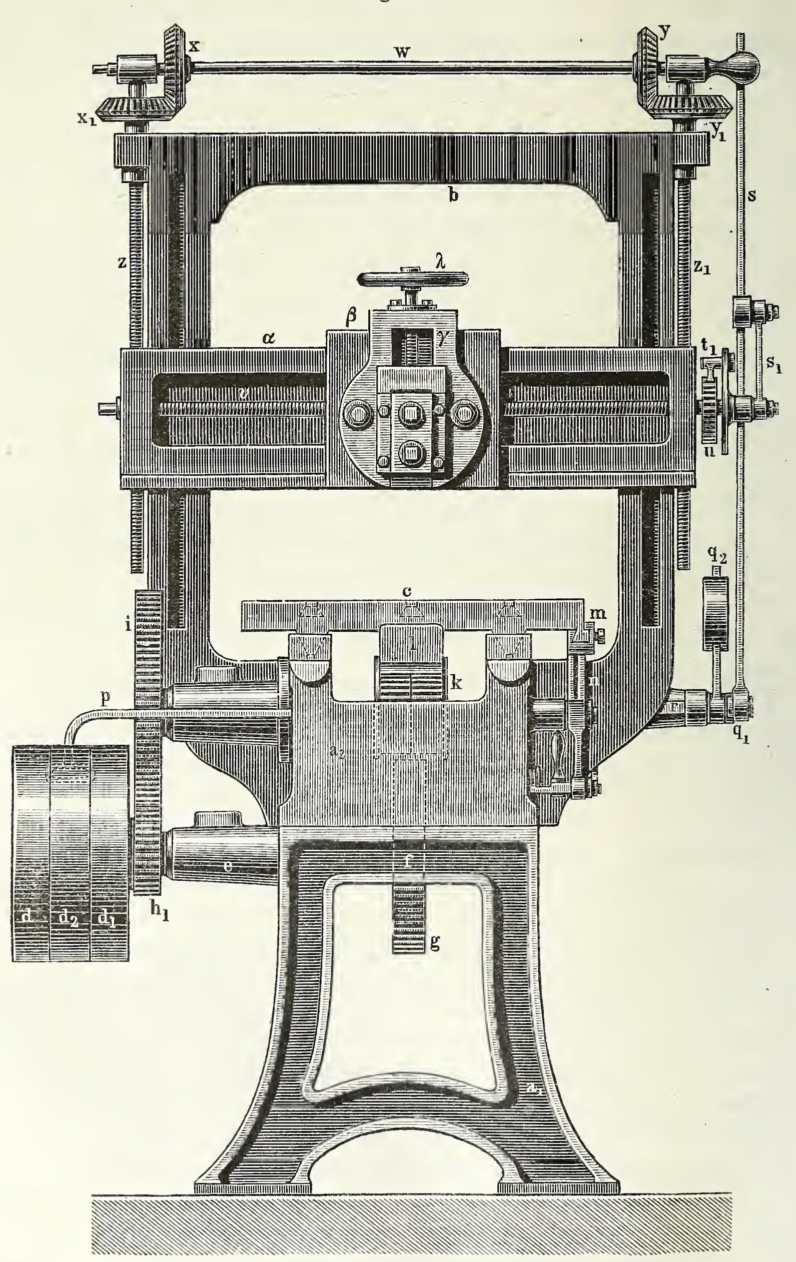
Das Arbeitsstück wird auf dem „Tische" *c*, welcher, sofern er, wie bei den Planhobelmaschinen, beweglich ist, auch „Schlitten" genannt wird, befestigt. Zur Ermöglichung dieser Befestigung ist der Tisch mit drei Längsnuthen (deren Querschnitt in Fig. 465 punktirt gezeichnet ist) versehen, in welche von den beiden an den Enden des Tischs befindlichen breiten Quernuthen her die Köpfe senkrecht stehender Schraubenbolzen eingeschoben werden können; ausserdem aber sind eine grosse Anzahl quadratischer oder rechteckiger durchgehender Oeffnungen vorhanden, durch welche man hakenförmig gebogene, über den Rand des

---

[1]) Vergl. Hart, Werkzeugmaschinen, Taf. 36.

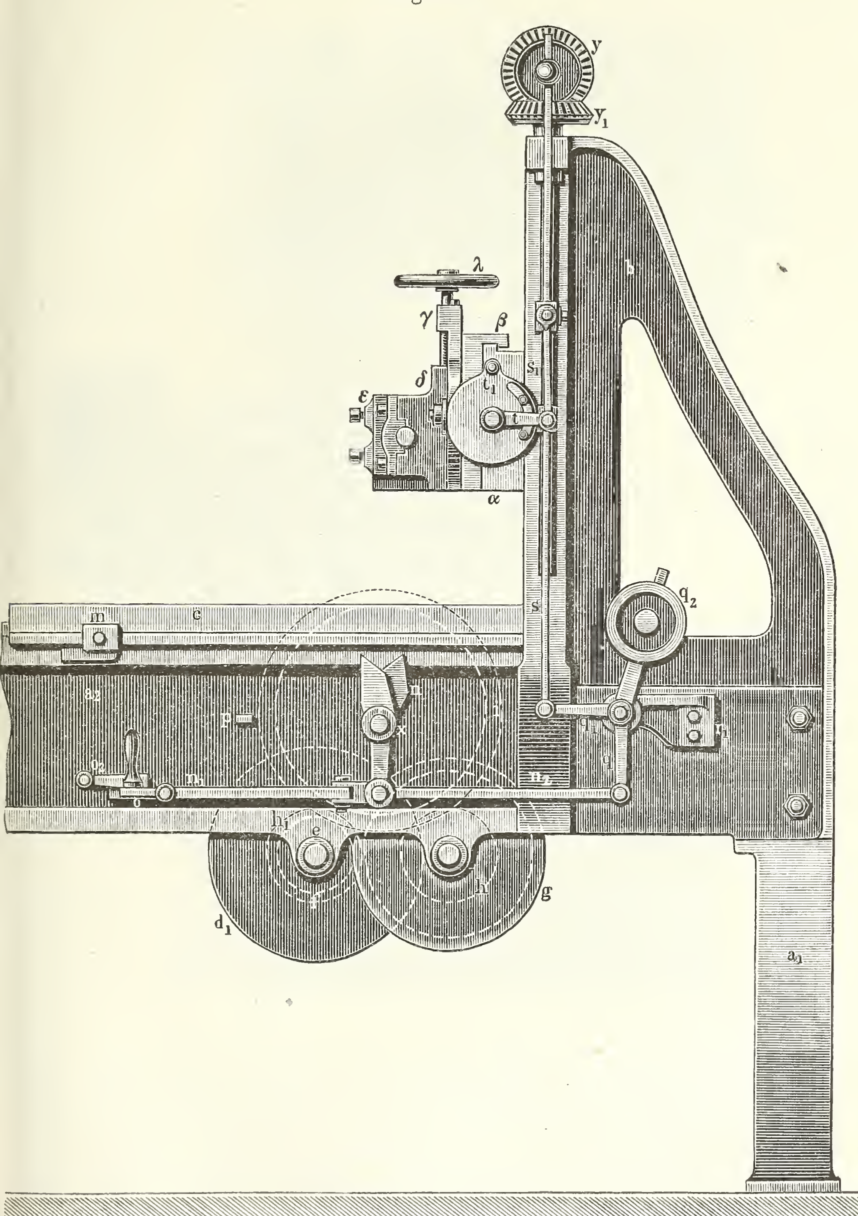
Arbeitsstücks hinübergreifende Schmiedeeisenstücke hindurch stecken und mittelst Schraubengewinde und Mutter unterhalb der Tischplatte anziehen kann.

Fig. 465.



An der Unterseite der Tischplatte befinden sich zwei angegossene, parallele, prismatische und sauber abgehobelte Leisten (vergl. Fig. 465), welche in entsprechend geformten Führungen des unterhalb des Tischs befind-

Fig. 466.



lichen ruhenden Theils $a_2$ der Maschine gleiten. Dieser letztere Theil heisst das „Bett“ und wird meistens von gusseisernen „Füssen“ $a\,a_1$ getragen, welche bei sehr grossen Maschinen mit starkem Bette und Tische

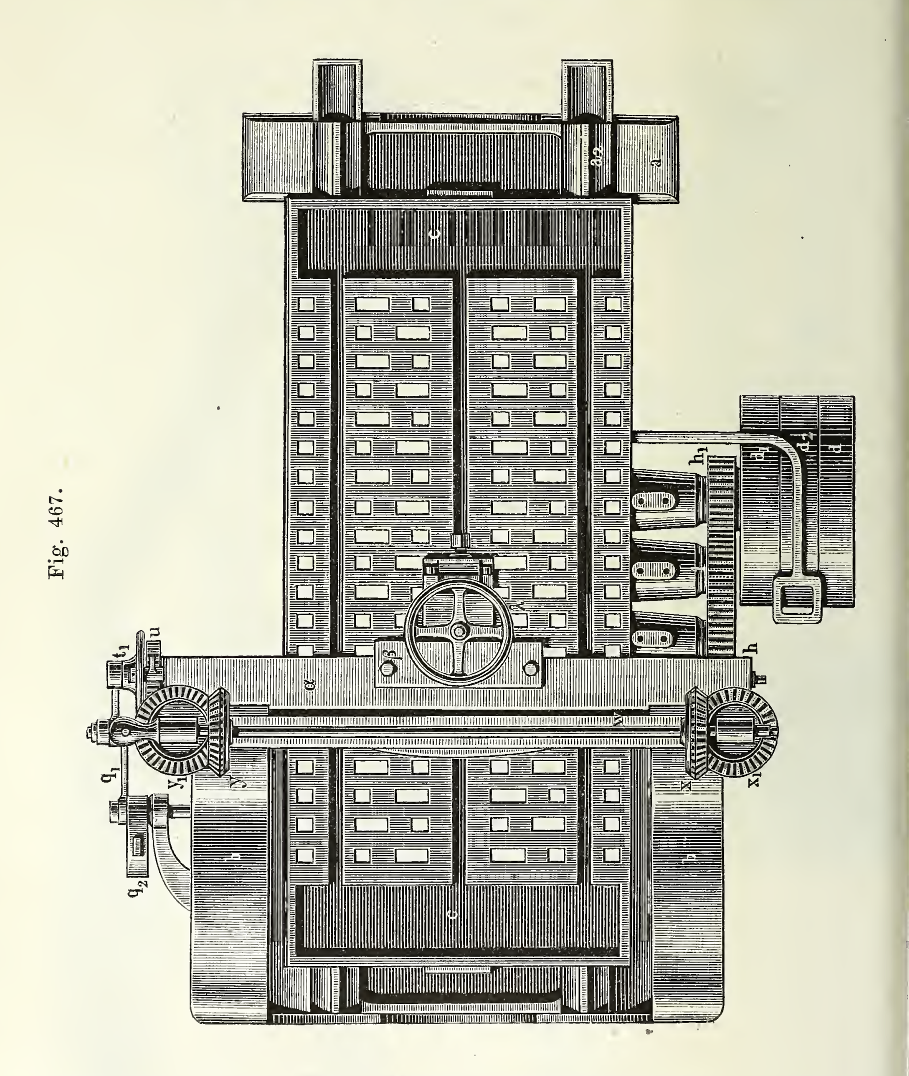


Fig. 467.

auf niedrige Böcke oder Untersätze zusammenschrumpfen, damit eine für den Arbeiter bequeme Höhe der Tischoberkante innegehalten werde.

Die Bewegung der abgebildeten Maschine wird durch den Eingriff eines doppelten Getriebes $k$ in eine Zahnstange $l$ bewirkt, welche unterhalb des Tischs angeschraubt ist. Für den Antrieb dient ein Riemen mit drei Riemenscheiben $d\,d_1\,d_2$, von denen die zuletzt genannte in der Mitte zwischen $d$ und $d_1$ liegende eine Losscheibe ist. Die Riemen-

scheibe *d* und das Getriebe *f* sitzen fest auf der Welle *e* (vergl. die Figuren 466 und 468), und es wird somit, wenn der Riemen auf *d* liegt, die Bewegung zunächst auf *f*, von hier auf das dahinter liegende Getriebe *g*

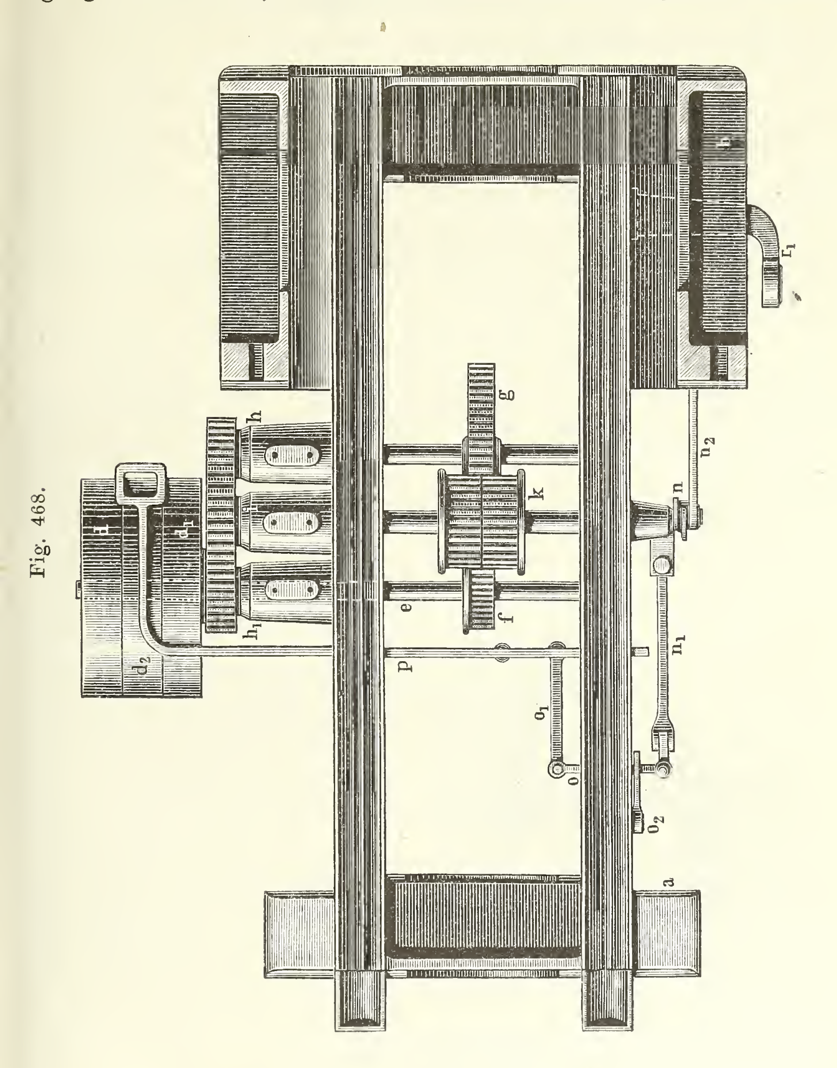


Fig. 468.

übertragen, dann durch die Welle des Getriebes *g* auf das kleinere Getriebe *h* fortgepflanzt und von *h* dem grossen Getriebe *i* mitgetheilt, welches auf der Welle des mit der Zahnstange im Eingriffe stehenden Rades *k* befindlich ist. Es findet also incl. der letztern Bewegungsübertragung eine dreifache Uebersetzung statt; der Tisch muss sich hierbei gegen die Schneide des Werkzeugs, also vorwärts bewegen (in Fig. 466 von links nach rechts); und wenn z. B., wie bei der abgebildeten Maschine,

die Anzahl der Zähne des Getriebes $f = 18$
„ Rades $g = 36$
„ Getriebes $h = 18$
„ Rades $i = 45$

ist, so beträgt die Uebersetzung:

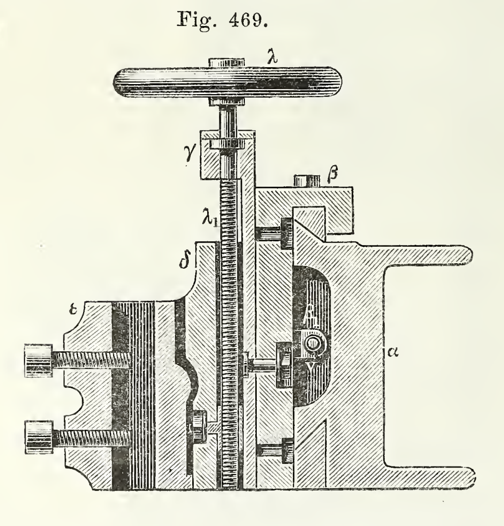
$$\frac{fh}{gi} = \frac{18 \cdot 18}{36 \cdot 45} = \frac{1}{5}.$$

Macht nun die Riemenscheibe 65,7 Umdrehungen per Minute, so machen die Räder $i$ und $k$ $\frac{65,7}{5} = 13,14$ Umdrehungen. Ist demnach der Durchmesser des Getriebes $k$ 138 Mm., so ist dessen Umfangsgeschwindigkeit im Theilkreise und somit die Bewegungsgeschwindigkeit des Tischs beim Vorwärtsgange:

$$\frac{13,14 \cdot 3,14 \cdot 138}{60} = 95 \text{ Mm. per Secunde.}$$

Die Riemenscheibe $d_1$ ist mit dem Getriebe $h_1$ fest verbunden, und beide drehen sich lose auf der Welle $e$. $h_1$ aber steht im Eingriffe mit dem Rade $i$; und wenn demnach der Riemen auf $d_1$ liegt, so erfolgt die Bewegungsübertragung ohne Weiteres durch $h_1$ und $i$ auf $k$ und die Zahnstange $l$. Es findet also nur zweifache Uebersetzung statt; die Räder $i$, $k$ und der Tisch bewegen sich demzufolge in entgegengesetzter Richtung als wenn der Antrieb durch die Riemenscheibe $d$ erfolgt, und zwar geschieht dieser Rückgang mit beschleunigter Geschwindigkeit. Denn da das Rad $h_1$ ebenso gross ist als $h$, so ist das Uebersetzungsverhältniss:

Fig. 469.




$$\frac{h_1}{i} = \frac{18}{45} = \frac{2}{5};$$

mithin bei 65,7 Umdrehungen der Riemenscheibe die Umdrehungen der Räder $i$ und $k = \frac{65,7 \cdot 2}{5} = 26,28$ per Minute, und die Geschwindigkeit des Tischs:

$$\frac{26,28 \cdot 3,14 \cdot 138}{60} = 190 \text{ Mm. per Secunde.}$$

Die Umsteuerung erfolgt also durch Verschiebung des Riemens von der Scheibe $d$ auf $d_1$. Um dieselbe selbstthätig durch die Maschine aus-

führen zu lassen, befinden sich an einer Seite des Schlittens zwei Knaggen, von denen der eine *m* in Fig. 466 ersichtlich ist, während der zweite, am andern Ende befindliche, durch das davor liegende Gussstück verdeckt wird. Beide sind an einer Leiste verschiebbar und durch eine Klemmschraube in jeder beliebigen Stellung, der Länge des beabsichtigten Hubes entsprechend, festzustellen. Zwischen beiden Knaggen in der Mitte der Bettseite ist der gabelförmige Steuerungshebel *n* mit dem Drehungspunkte *x* befindlich, welcher bei der Bewegung der Maschine abwechselnd von den beiden Knaggen erfasst und nach links oder rechts hinübergedrückt wird. Der entgegengesetzte Hebelarm pflanzt nun durch die Verbindungsstange $n_1$ die Bewegung auf den Winkelhebel $o\,o_1$ fort, welcher mit der Riemengabelschiene *p* verbunden ist. Wenn demnach bei dem Vorwärtsgange der Maschine der Knaggen *m* den Hebel *n* ergreift, so wird der Riemen auf die Scheibe $d_1$ geschoben und es erfolgt Rückgang; bei der nun eintretenden Bewegung des Hebels durch den zweiten Knaggen rückt der Riemen auf *d*, und ein neuer Schnitt beginnt. Die Bewegung der Steuerung wird durch den Kipphebel *q* mit Gewicht $q_2$ unterstützt, welcher durch die Stange $n_2$ mit dem Steuerungshebel *n* verbunden ist. Zum Abstellen der Maschine wird der Riegel $o_2$ eingelegt, welcher den Hebel *o* und die Schiene *p* in der mittleren Stellung, den Riemen demnach auf der Losscheibe $d_2$ festhält.

An beiden Seiten des Betts sind die Ständer *b b* angeschraubt, oben durch ein Querstück verbunden und mit diesem zusammen in einem einzigen Stücke gegossen; zweckmässiger dürfte es in Hinsicht des bedeutend erleichterten Gusses und der Bearbeitung gewesen sein, jeden Ständer wie das Querstück für sich zu giessen und durch Verschraubung zu verbinden, wie es fast immer üblich ist. Die consolartige Form der Ständer entspricht ihrer Aufgabe, bei dem Vorrücken des Arbeitsstücks gegen den schneidenden Stahl letzterm eine durchaus sichere, jede zitternde Bewegung verhütende Unterstützung zu geben. Vor den Ständern und in senkrechten Nuthen derselben geführt befindet sich der wagerechte gusseiserne Balken $\alpha$, durch zwei Schraubenspindeln $z\,z_1$, welche durch Muttergewinde des Balkens hindurchgehen, getragen und in senkrechter Richtung verstellbar gemacht. Aus Fig. 465 ist leicht erkennbar, wie die Schraubenspindeln von einer Querwelle *w* aus mit zwei Paar Winkelrädern eine gleichzeitige und durchaus gleichmässige Drehung erhalten, um die wagerechte Lage des Balkens zu sichern und jedes Ecken und Klemmen bei der Bewegung zu vermeiden. Die Drehung der Welle *w* und die dadurch erzielte Höhenverstellung des Balkens nebst Werkzeug erfolgt stets von Hand durch Aufstecken einer Kurbel auf den an einem Ende der Welle angeschmiedeten vierkantigen Zapfen. Diese Höhenstellung hat den Zweck, den Stahl in einer der Dicke des auf dem Tische befestigten Arbeitsstücks entsprechenden Höhe einzustellen und wird in allen Fällen vor dem Beginne der Arbeit bewerkstelligt, während geringe erforderlich werdende Verschiebungen

des Werkzeugs in anderer, sogleich zu besprechender Weise ausgeführt werden.

Dieser Balken $\alpha$ trägt nun den Apparat, welcher zum Festhalten wie zur Verstellung des Stahls dient und welchen man Stichelhalter oder Support nennt. Derselbe ist in Fig. 465 in der vordern Ansicht, in Fig. 466 in der Seitenansicht, in Fig. 469 in vergrössertem Durchschnitte zu ersehen und besteht aus vier einzelnen, selbstständigen Theilen. An zwei prismatischen wagerechten Führungsleisten des Balkens $\alpha$ gleitet zunächt der Schlitten $\beta$, mit auszuwechselnden Gleitbacken versehen. An der Rückseite dieses Schlittens befindet sich eine Lasche $\beta_1$ mit Muttergewinde, und eine hindurchgehende, in einer Aushöhlung des Balkens $\alpha$ gelagerte Schraubenspindel $v$ bewirkt durch ihre Drehung die wagerechte Verschiebung des Schlittens ruckweise nach jedem Hin- und Rückgange der Maschine.

Auf der vordern sauber bearbeiteten Fläche des Schlittens ist die Scheibe $\gamma$ befindlich, durch eine Schraube mit versenktem Kopfe auf jenem festgehalten und um dieselbe wie um einen Zapfen drehbar. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, das Werkzeug auch in jede beliebige schräge Stellung zu bringen, und zwei Schrauben, deren Köpfe in kreisbogenförmigen Ausschnitten des Schlittens verschiebbar sind (in Figur 469 ist der Durchschnitt dieser Ausschnitte, in Fig. 465 sind die auf der Scheibe hervortretenden Schraubenmuttern erkennbar), dienen zum Feststellen der Scheibe in der gewünschten Stellung.

In senkrechten Prismenführungen dieser Scheibe gleitet als drittes Theil des Supports der Schlitten $\delta$, in einer rinnenförmigen Aushöhlung seiner Rückseite eine Schraubenmutter tragend, durch welche eine senkrechte Schraubenspindel $\lambda_1$, in $\gamma$ befestigt und mit dem Handrädchen $\lambda$ versehen, hindurchgeht. Die Drehung des Handrads bewirkt also Verstellung des Stahls in senkrechter (beziehentlich schräger) Richtung.

Endlich ist das Stichelhäuschen $\varepsilon$ mit zwei wagerechten Zapfen in $\delta$ befestigt, derartig, dass es beim leeren Rückgange durch eine schwache Drehung ein leichtes Heben der Stahlschneide über die Arbeitsfläche gestattet und dadurch ein vorzeitiges Stumpfwerden derselben verhütet, während es beim Vorwärtsgange sich unten fest gegen $\delta$ anlegt. Bei schweren Maschinen wird diese kleine Drehung des Stichelhäuschens nicht mehr durch die Reibung der Schneide, sondern selbstthätig durch die Maschine ausgeführt; ein nach oben gerichteter auf dem Stichelhäuschen befestigter Hebelarm ist mit einer Kette verbunden, welche mit Hülfe eines einfachen Steuerungsmechanismus den Hebel zurückzieht, die Schneide hebt, wenn der Rückgang beginnt, sie fallen lässt, sobald das Schneiden seinen Anfang nehmen soll.

Die Befestigung des Stahls geschieht durch die beiden in Fig. 469 ersichtlichen Klemmschrauben.

Von den Bewegungen des Supports geschieht bei der abgebildeten Maschine die wagerechte selbstthätig, die übrigen von Hand. Soll dem-

nach die Schaltbewegung nicht, wie es meistens der Fall ist, wagerecht, sondern senkrecht oder schräg stattfinden (beim Bearbeiten senkrechter oder schräger Flächen), so muss dieselbe durch jedesmalige Drehung des Handrads $\lambda$ ausgeführt werden. Ausserdem dient aber das erwähnte Handrad dazu, beim Beginne des Hobelns wagerechter Flächen den Stahl entsprechend der Dicke des zu nehmenden Spans genau einzustellen, also sowohl bei dem Beginne der Arbeit überhaupt als auch bei Beginn einer folgenden Spanschicht.

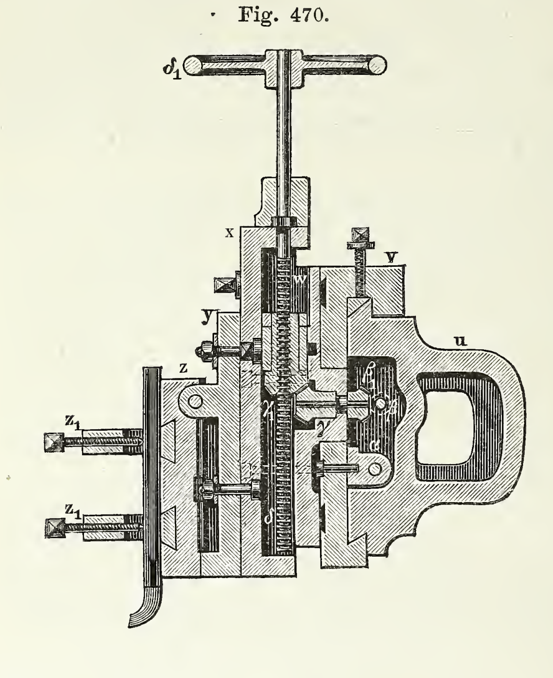
Der selbstthätige Vorschub des Supports in wagerechter Richtung, durch Drehung der Schraubenspindel $v$ bewirkt, erfolgt folgendermaassen. Auf dem Ende der Spindel $v$ ist das Sperrrädchen $u$ befestigt und neben demselben die Schaltscheibe $t_1$ drehbar aufgesteckt. Ein mit letzterer verbundener doppelter Schalthaken greift in die Zähne des Rades $u$ ein, dreht dasselbe, wenn die Scheibe $t_1$ nach einer Richtung gedreht wird, und gleitet leer über die Zähne hinweg, wenn die Drehung nach der entgegengesetzten Richtung erfolgt. In einem bogenförmigen Schlitze der Scheibe sind zwei Zapfen befestigt, deren oberer verstellbar ist; und zwischen denselben, auf der Verlängerung der Spindel $v$ drehbar, befindet sich der kleine Schalthebel $t$, durch dessen Drehung ersichtlicher Weise auch die Scheibe $t_1$ in Mitleidenschaft gezogen wird, sobald er gegen einen der beiden Zapfen stösst; und je näher diese an einander gerückt sind, desto grösser wird der Bogen sein, welchen die Scheibe beschreibt, desto grösser also auch der jedesmalige Vorschub des Werkzeugs. Der Hebel $t$ ist durch die Zugstange $s_1$ mit der senkrechten Stange $s$, diese aber durch den Winkelhebel $q\,q_1$ und die Stange $n_2$ mit dem Steuerungshebel $n$ verbunden, so dass bei jedesmaliger Umsteuerung der Maschine eine Auf- und Abwärtsbewegung der Stange $s$, somit abwechselnd ein Eingriff des Schalthakens mit einem Vorschube des Werkzeugs und ein leeres Zurückgehen eintritt. Ist das Werkzeug am Ende seiner Querbewegung angelangt, so wird durch Umschlagen des doppelten Schalthakens sofort die entgegengesetzte Bewegungsrichtung eingeführt; ein leeres rasches Zurückführen von Hand kann geschehen, indem man nach Auslösung des Schalthakens eine Kurbel auf den am linken Ende der Schraubenspindel befindlichen Zapfen steckt und nun dreht.

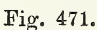
Soll der selbstthätige Vorschub ganz ausser Thätigkeit kommen (bei Bearbeitung senkrechter oder schräger Flächen), so stellt man den Support vermittelst zweier an seiner Oberkante befindlichen Klemmschrauben auf dem Balken $\alpha$ fest und löst die Klemmschraube in der kleinen Hülse, welche die Stange $s_1$ mit $s$ verbindet. Letzterer bewegt sich nun leer auf und ab, und die Schaltung steht still.

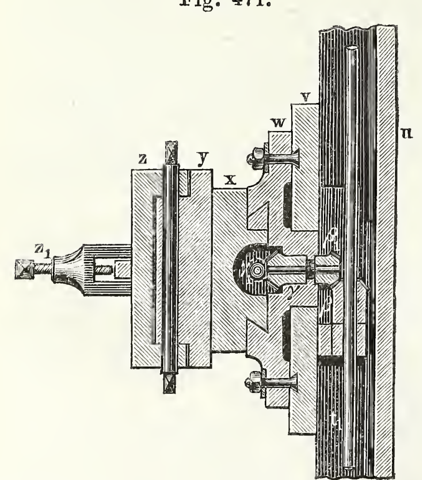
Bei grossen Hobelmaschinen pflegt auch die senkrechte Schaltung selbstthätig durch die Maschine bewirkt zu werden, wie durch die Figuren 470 bis 473, den Support einer solchen grössern Maschine darstellend, veranschaulicht ist. In dem Balken $u$, welcher den Support trägt, ist parallel mit der für die wagerechte Schaltung bestimmten Schraubenspindel

$t$ eine zweite Schraubenspindel $t_1$ mit durchgehender Längsnuth, aber ohne Schraubengewinde, gelagert. Auf derselben sitzt das Winkelrädchen $\beta$, gezwungen die Drehung der Spindel mitzumachen und daneben auch einer wagerechten Verschiebung des Schlittens $v$ zu folgen. Vor letzterm sitzt, wie bei dem früher beschriebenen Supporte, die Scheibe $w$, drehbar um einen starken angegossenen hohlen Zapfen. Durch die Höhlung desselben hindurch geht die Achse zweier Kegelrädchen $\beta_1$ und $\gamma$, deren ersteres im Eingriffe mit $\beta$ steht, und welche somit die Drehung desselben auf ein viertes Rädchen $\gamma_1$ übertragen, dessen Nabe mit einem Muttergewinde versehen und welches so in $w$ gelagert ist, dass es sich drehen, aber nicht verschieben kann. In dem vor der Scheibe $w$ senkrecht geführten Schlitten $x$ ist die Schraubenspindel $\delta$ gelagert und durch das Rädchen $\gamma$ hindurchgeführt, so dass durch die Drehung desselben eine Verstellung der Schraube und somit auch des Theils $x$ und des Stahls in senkrechter Richtung erfolgen muss. Die Zurückführung des Schlittens $x$ wird von Hand durch Drehung des Rads $\delta_1$ ausgeführt. Da die geometrische Achse der Getriebe $\beta_1$ und $\gamma$ mit derjenigen des Drehzapfens der Platte $w$ zusammenfällt, so kann die Spindel $\delta$ auch in schräger Stellung der Scheibe $w$ geschaltet werden.

Fig. 470.



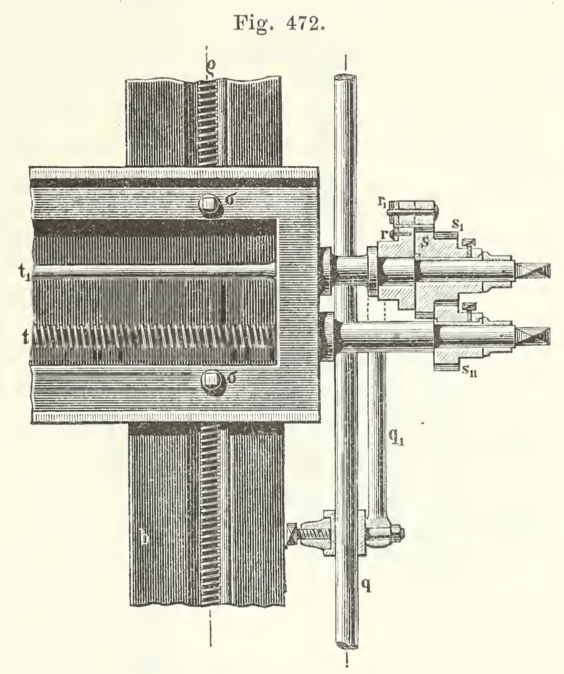


Fig. 471.




Die Uebertragung der selbstthätigen Schaltbewegung auf die Spindel $t_1$ ist nun sehr einfach. Die Figuren 472 und 473 bringen diesen Mechanismus zur Anschauung.

An der Stange $q$, welche bei jeder Umsteuerung der Maschine abwechselnd auf- und niedergehende Bewegung erhält, wie früher beschrieben wurde, sitzt, mit einer Klemmhülse befestigt, die Zugstange $q_1$ und überträgt die schwingende Bewegung auf den Schalthebel $r$, welcher an einer angegossenen Scheibe den auf das Schaltrad $s$ einwirkenden doppelten Schalthaken $r_1$ trägt. $s$ ist mit dem davor liegenden Zahnrädchen $s_1$ aus einem Stücke gegossen und $s_1$ steht in beständigem Eingriffe mit dem darunter befindlichen Zahnrädchen $s_2$. Die Scheibe des Hebels $r$, die Räder $s$ und $s_1$ stecken gemeinschaftlich auf dem Ende der für die senkrechte Schaltung bestimmten Spindel $t_1$, $s_2$ auf dem Ende der Schraubenspindel $t$ und durch Klemmschrauben können die Räder auf ihren

Fig. 472.

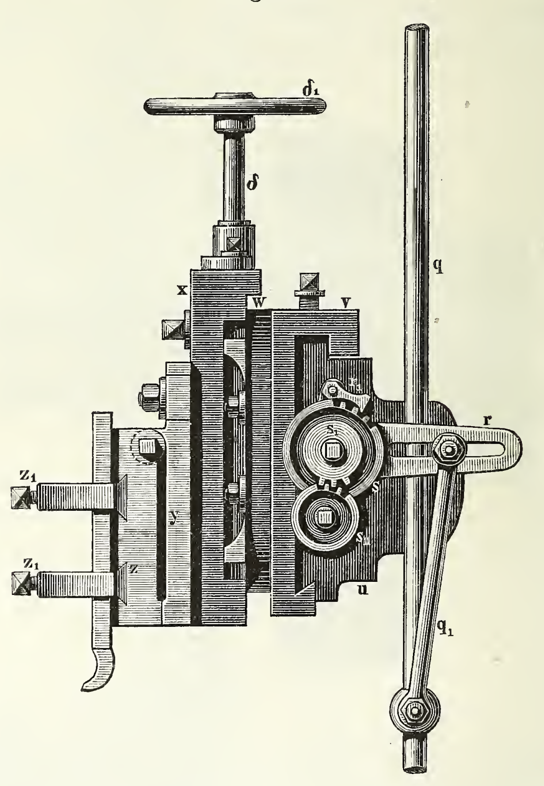



Spindeln befestigt werden, während sie sich leer auf denselben drehen, wenn die Klemmschrauben gelöst werden. Je nachdem daher das eine oder das andere der Rädchen befestigt wird, erfolgt Drehung der obern oder untern Spindel. Das Maass der Schaltung lässt sich verändern, indem man die Stange $q_1$ näher oder entfernter vom Drehungspunkte des Hebels angreifen lässt, welcher für diesen Zweck mit einem langen Schlitze versehen ist.

In dem abgebildeten Supporte ist zwischen dem senkrechten Gleitstücke $x$ und dem Stichelhäuschen $z$ noch ein gleichfalls drehbares Stück $y$ eingeschaltet, welches benutzt wird, wenn mit schräg stehendem Stahle (unabhängig von der Richtung der Schaltbewegung) gearbeitet werden soll, wie es nach Früherm oft zweckdienlich sein kann.

Sehr grosse Hobelmaschinen erhalten mitunter zwei Supporte an einem gemeinschaftlichen Querbalken, um an zwei Stellen des Arbeitsstücks zugleich arbeiten zu können. Gewöhnlich sind in diesem Falle drei Spindeln zur Uebertragung der Schaltbewegung auf die Supporte in dem Balken gelagert; zwei davon mit Schraubengewinde dienen dazu, jeden der Supporte wagerecht zu schalten, und jede beliebige Entfernung derselben von einander herzustellen; die dritte mit zwei Winkelrädchen bewirkt die senkrechte Schaltung beider Werkzeuge. Um jedoch auch

Fig. 473.




diese Bewegung nicht auf beide Supporte gleichzeitig übertragen zu müssen, sind die Winkelrädchen nicht durch Nuth und Feder, sondern durch Klemmschrauben mit der Welle verbunden und somit leicht ausser Thätigkeit gesetzt. Durch eine ähnliche Einrichtung, als soeben für zwei Spindeln beschrieben wurde, lässt sich die Bewegung beliebig auf alle drei oder auf einzelne übertragen; und man ist dadurch in Stand gesetzt, nicht allein eine einzige Fläche an zwei Stellen zugleich zu bearbeiten, sondern auch eine wagerechte und eine senkrechte oder geneigte Ebene mit einem Male, indem man für jedes der beiden Werkzeuge die betreffende Schaltbewegung einrückt.

Wenn die Hobelmaschine beim Vor- und Rückwärtsgange schneiden soll, so muss der Support mit einer Einrichtung versehen sein, welche den Stahl bei jeder Umsteuerung um 180 Grad dreht. Zu diesem Zwecke befindet sich der letztere in einer conischen Hülse, welche in einer entsprechend ausgedrehten Hülse des Supports um ihre Achse drehbar ist und am andern Ende eine Schnurrolle trägt, welche durch einen Schnurlauf und Steuerungsmechanismus nach jeder Wendung des Tischs jene Drehung um 180 Grad erhält und auf den Stahl überträgt.

Solche doppelt arbeitenden Hobelmaschinen haben jedoch mancherlei Nachtheile. Das Werkzeug muss mit vollkommenster Symmetrie aller seiner Theile gearbeitet sein, und seine geometrische Achse mit der Drehungsachse vollständig zusammenfallen, wenn nicht nachtheilige Abweichungen in den Schnitten beim Vor- und Rückwärtsgange entstehen sollen. Sodann sind aber auch die Träger, Schlitten u. s. w. einer Hobelmaschine in allen ihren Formen ausschliesslich für den Widerstand in einer einzigen Richtung gebaut; sobald sich der Stahl umkehrt, um beim Rückwärtsgange zu schneiden, wirkt der ganze Druck und die Inanspruchnahme der Festigkeit der Maschine gerade in entgegengesetzter Richtung zu derjenigen, für welche sie construirt ist, und eine viel geringere Dauerhaftigkeit ist die natürliche Folge. Deshalb sind diese Hobelmaschinen wenig mehr im Gebrauche.

Die Bewegung des Tisches durch Kurbel und Schubstange — meistens durch einen der oben erwähnten Mechanismen in eine gleichförmige Vorwärtsbewegung mit beschleunigtem Rückgange verwandelt — ist wegen der beschränkten Hublänge nur bei den kleinsten Planhobelmaschinen vertreten, bei diesen aber sehr gebräuchlich. Die Kurbel ist zur Veränderung der Hublänge geschlitzt; um nun auch bei veränderter Kurbellänge die zweckmässigste Arbeitsgeschwindigkeit herstellen zu können, erfolgt die Bewegungsübertragung von der Deckentransmission durch ein Paar Stufenscheiben statt der einfachen Riemenscheiben der Maschinen mit Zahnstangen- oder Schraubenbetrieb.

Die Bewegung durch Schraubenspindel und Mutter, erstere im Bette der Maschine mit Zapfen drehbar gelagert, letztere am Tische befestigt, findet sich bei einzelnen Ausführungen, immerhin aber wegen des grössern Arbeitsverlustes durch Reibung erheblich seltener als die beschriebene Bewegung durch Zahnstange mit Getriebe.

Die Planhobelmaschinen in der geschilderten Anordnung haben den Nachtheil, dass ihre Länge doppelt so gross sein muss als die Länge des grössten auf ihnen zu bearbeitenden Gegenstandes und sie deshalb verhältnissmässig viel Platz beanspruchen. Dagegen sind sie äusserst stabil, geben einen sichern festen Schnitt und eignen sich mithin ebensowohl für die Bearbeitung kleinerer als auch ganz besonders grosser und schwerer Gegenstände, welche leicht ein Zittern des Stahls hervorrufen.

Die Länge des Tischs pflegt ca. $^2/_3$ von der Länge des Bettes zu betragen; die Bettlänge beträgt bei den kleinsten Planhobelmaschinen

0,75 M. und steigt bei den grössten bis auf 18 M. Die vortheilhafteste Geschwindigkeit des Tisches beim Schneiden ist 50 bis 100 Mm. per Secunde, der Rückgang 2 bis 3 mal so rasch als der Vorwärtsgang, die Grösse der Schaltung (Spanbreite) 0,25 bis 2 Mm. per Schnitt, je nachdem geschroppt oder geschlichtet wird, und auch abhängig von der Grösse der Maschine. Die Spandicke höchstens 2 Mm.

Die Bewegung erfolgt nur bei den ganz kleinsten, wenig gebräuchlichen Maschinen durch Handbetrieb, sonst stets von einer durch Elementarkraft betriebenen Transmission aus.

Den Arbeitsverbrauch bei den Planhobelmaschinen berechnet Hartig nach der Formel:

$$N = N_0 + \varepsilon G,$$

worin $N_0$ den Arbeitsverbrauch im Leergange;

$G$ das Gewicht des stündlich abgehobelten Metalls in Kilogrammen;

$\varepsilon$ für Gusseisen bei einem Spanquerschnitte von

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 1 | 5 | 10 | 20 | Qmm. |
| 0,294 | 0,164 | 0,050 | 0,047 | 0,041 | Pferdestärken, |

für Bronze durchschnittlich . . . 0,028 Pferdestärken
„ Schmiedeeisen . . . . . . . . 0,114 „
„ Stahl . . . . . . . . . . . . 0,264 „

beträgt.

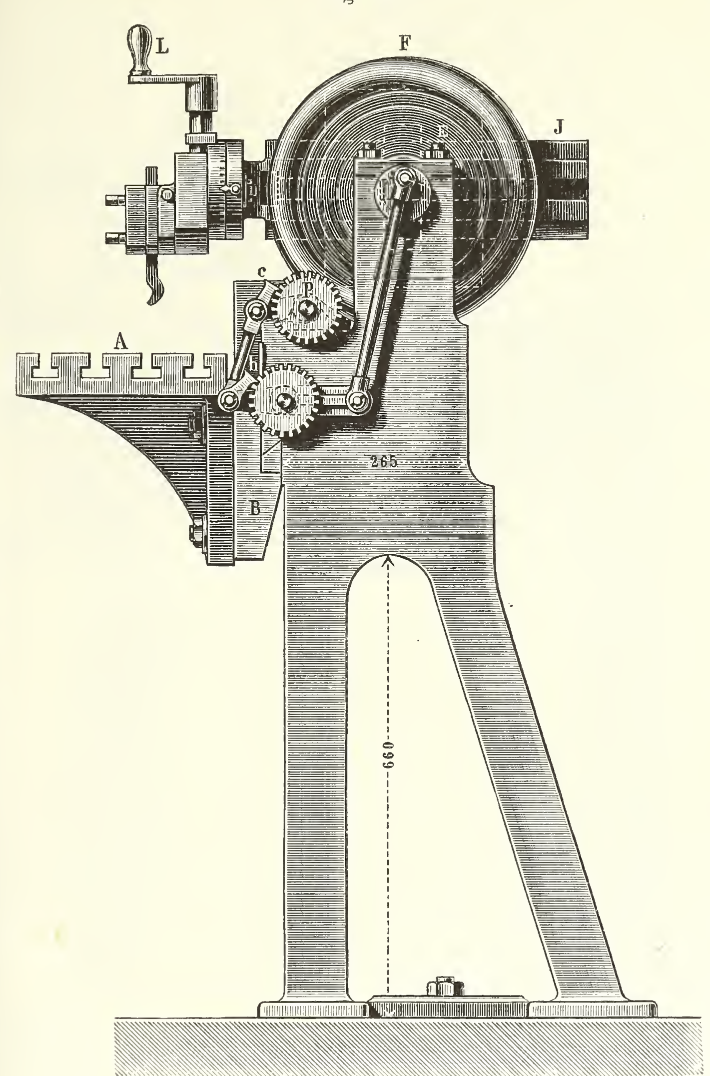
Für den Arbeitsverbrauch im Leergange wird man 0,4 bis 0,6 Pferdestärken annehmen können; für Veranschlagung der zum Betriebe überhaupt erforderlichen Leistung der Arbeitsmaschine wird man nicht fehlgehen, wenn man für die kleinsten Maschinen 0,5 bis 1 Pferdestärke, für mittlere 1 bis 1,5, für die grössten 1,5 bis 2 Pferdestärken annimmt.

**Feilmaschinen** oder **Shapingmaschinen.** Das Werkzeug macht die Hauptbewegung, wagerecht und geradlinig hin- und hergehend; die geradlinige Schaltbewegung wird bei kleinen Maschinen häufig durch das Arbeitsstück, bei allen grösseren und bei vielen kleinen Maschinen neuerer Construction aber gleichfalls durch das Werkzeug ausgeführt. Es entstehen also bei diesen Bewegungscombinationen ebenfalls gerade und fast stets wagerechte Flächen; die meisten Maschinen sind jedoch mit einer Einrichtung versehen, um statt der geradlinigen Schaltbewegung auch eine stets durch das Arbeitsstück ausgeführte ruckweise Drehung desselben um seine Achse zu ermöglichen, wobei dann selbstverständlich Cylinderflächen (polygonale Querschnitte mit sehr vielen Seiten) entstehen müssen; und man nennt die Maschinen in diesem Falle auch Rundhobelmaschinen.

Die Bewegungsübertragung auf das Werkzeug erfolgt stets durch Schlitzkurbel und Schubstange (oder Schleife), wobei ebenso wie bei den Planhobelmaschinen mit Kurbelbetrieb ein Paar Stufenscheiben für den Antrieb erforderlich sind, um auch bei veränderter Hublänge die geeig-

netste Arbeitsgeschwindigkeit inne zu halten. Das Werkzeug schneidet nur beim Vorwärtsgange und der Rückgang findet bei grösseren Maschinen meistentheils mit beschleunigter Geschwindigkeit statt.

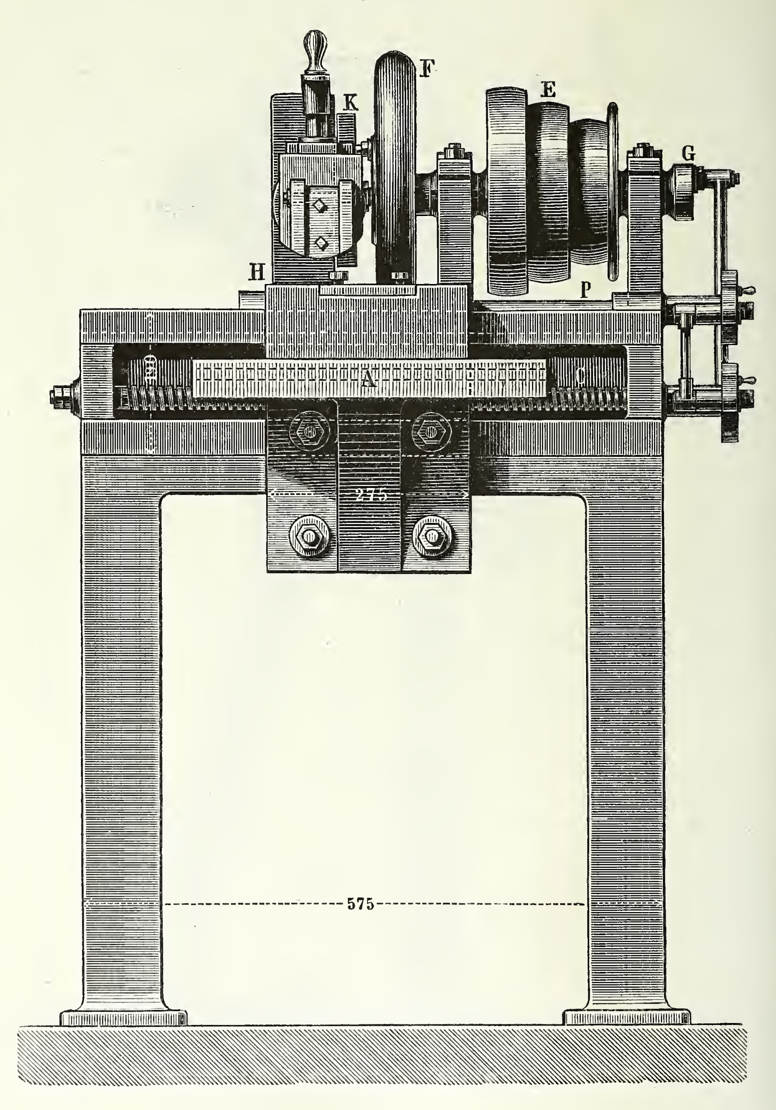
Fig. 474.




Eine kleine Feilmaschine, bei welcher die Schaltbewegung durch das Arbeitsstück ausgeführt wird, von der Deutschen Werkzeugmaschinenfabrik, vormals Sondermann u. Stier, in Chemnitz erbaut, ist in den Figuren 474 bis 476 abgebildet.

Die Bewegung wird von der Stufenscheibe *E* aus zunächst auf eine horizontale Welle und von dieser auf die mit Radialschlitz versehene Kurbelscheibe *F* übertragen. Dieselbe trägt in dem erwähnten Schlitze

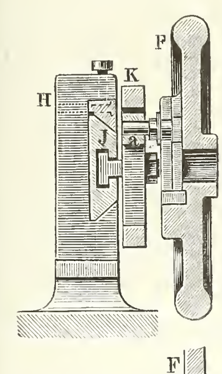
Fig. 475.

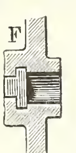



verstellbar ein Gleitstück *a*, welches in der Schleife *K* senkrecht geführt ist (wie in Fig. 474 durch punktirte Linien angedeutet ist) und demnach bei Drehung der Scheibe *F* die Schleife *K* in wagerechter Richtung mitführt. *K* ist durch zwei Schrauben an dem Prisma (Stössel) *J* be-

festigt, welches wie der Querschnitt in Fig. 476 ausweist, in einer Führung des gusseisernen, auf dem Bette der Maschine aufgegossenen Bocks *H* in wagerechter Richtung gleitet und somit auch die Bewegung der Schleife *K* sichert. Die Köpfe der Befestigungsschrauben für die letzteren befinden sich in einer wagerechten Nuth des Prismas, wodurch es möglich ist, die Stellung des letztern gegen den Tisch *A* zu verändern, den Angriff des Werkzeugs in geringerm oder grösserm Abstande vom Bette beginnen zu lassen. Die Grösse des Hubes lässt sich, wie leicht einzusehen ist, durch Verstellung des Gleitstücks *a* in der Scheibe *F* verändern; die Zeitdauer des Hubes des Stössels *J* ist beim Vor- und Rückwärtsgange gleich und die Geschwindigkeit ungleichförmig. Bei dem geringen Hube (die Maximalausladung beträgt 150 Mm.) fallen jedoch diese ungünstigen Verhältnisse wenig ins Gewicht. An dem Kopfe des Stössels ist der Werkzeughalter, aus drei Theilen bestehend, befestigt. Der hinterste Theil besteht aus einer drehbaren Scheibe zum Schrägstellen des Werkzeugs und durch die in Fig. 474 an der Rückseite der am Stössel angegossenen Scheibe ersichtliche Schraubenmutter verstellbar; dann folgt ein senkrechter Schlitten, durch Schraubenspindel mit Handkurbel *L* beweglich; endlich am vordern Ende das Stichelhäuschen, an zwei horizontalen Zapfen befestigt, um, wie früher beschrieben wurde, beim Rückwärtsgange ein geringes Anheben des Stahls zu ermöglichen.

Fig. 476.




Das Bett der Maschine ruht auf zwei Füssen, ist an der vordern Seite gehobelt und mit Prismenführung für den in wagerechter Richtung beweglichen Schlitten *B* versehen, vor welchem der consolenartige Tisch *A* zur Aufnahme des Arbeitsstücks befestigt ist. Zur selbstthätigen ruckweisen Verschiebung des Tisches nach jedem Hube dient eine an der Rückseite des Schlittens befindliche Schraubenmutter, durch welche die im Bette der Maschine gelagerte Schraubenspindel *C* (Fig. 475) hindurchgeht. Das auf der rechten Seite vorstehende glatte Ende der Spindel trägt ein mit ihr festverbundenes Schalträdchen (vergl. Fig. 474) und einen um die Spindel drehbaren zweiarmigen Hebel mit Schalthaken, welcher in das Rädchen eingreift. Eine Stange verbindet den Hebel mit einem auf dem Ende *G* der Antriebswelle befindlichen excentrischen Zapfen und erhält ihn dadurch in stetiger auf- und abgehender Bewegung; die eine Hälfte dieser Bewegung bleibt ohne Einfluss auf die Schraubenspindel, da der Schalthaken während derselben über die Zähne des Rädchens gleitet; während der andern Hälfte wird das letztere sammt der Spindel gedreht und der Tisch mit dem Arbeitsstücke macht

die Schaltbewegung. Die Stellung der Mechanismen für Haupt- und Schaltbewegung gegen einander muss eine solche sein, dass die letztere während des leeren Rückgangs des Stössels stattfindet; die Grösse der Schaltung lässt sich verändern, wenn man den Abstand des excentrischen Zapfens bei *G* vom Mittelpunkte durch Verstellung in einem Radialschlitze vergrössert oder verkleinert. Die Rückführung des Tischs wird durch Drehung der Schraubenspindel von Hand bewirkt.

Zum Festhalten sehr kleiner Gegenstände während der Bearbeitung schraubt man auf dem Tische *A* einen kleinen Parallelschraubstock fest, in welchen dieselben eingespannt werden.

Soll die Maschine zum Rundhobeln benutzt werden, so wird auf der obern Seite des Schlittens *B* eine gusseiserne Platte mit kleinem Lager für eine kurze wagerechte Welle befestigt, welche rechtwinklig gegen die Bewegungsrichtung des Schlittens gerichtet ist, und auf ihrem über den Schlitten nach rückwärts vorstehendem Ende ein Schneckenrädchen trägt. Dasselbe und somit auch die Welle wird durch eine Schnecke bewegt, welche auf der wagerechten Welle *p* (in Fig. 475 in ihrer obern Hälfte sichtbar) befestigt ist. Jene kurze, auf dem Schlitten gelagerte Welle ist hohl und kann zur Aufnahme eines nach vorn herausstehenden Dorns dienen, auf dem nun das mit einer entsprechenden Oeffnung versehene Arbeitsstück übergeschoben und befestigt wird. Die Einrichtung dieses Dorns ist im Wesentlichen die nämliche wie desjenigen, welcher unten in Fig. 479 abgebildet und näher beschrieben ist. Wird die Welle *p* gedreht, so macht das Arbeitsstück ebenfalls eine Drehung um seine Achse. Jene ruckweise Schaltung erfolgt in der aus Fig. 474 ersichtlichen Art und Weise. Wenn die Welle mit dem Dorne und Arbeitsstücke an Ort und Stelle und der Schlitten in die richtige Stellung gegen das Werkzeug gebracht ist, wird der untere für die Bewegung des Tischs dienende Schalthaken ausgelöst und die Schaltung nun durch eine kurze Stange *b* einem zweiten, auf *p* drehbaren einarmigen Hebel mit Schalthaken mitgetheilt, welcher während des Rückgangs des Stahls durch Eingriff des Schalthakens in das auf *p* befestigte Rädchen die Drehung ausführt.

Eine grössere Feilmaschine, bei welcher beide Bewegungen durch das Werkzeug ausgeführt werden, von Sigl u. Co. in Berlin erbaut[1]), zeigen die Figuren 477 bis 480. Das auf zwei starken gusseisernen Füssen ruhende Bett *C* trägt den Querschlitten *B*, auf dem sich die verschiedenen Bewegungsmechanismen für das Werkzeug befinden. Der Antrieb erfolgt zunächst von der an der Seite des Betts gelagerten Stufenscheibe *A* aus durch die mit durchgehender Längsnuth versehene Welle *b* auf das Getriebe *c*, welches von dem Schlitten bei seiner Bewegung längs der Welle *b* mitgeführt wird. *c* überträgt die Bewegung auf das im Schlitten gelagerte Getriebe *d*, welches durch excentrische Kurbel-

[1]) Zeichnungen der Hütte, Jahrgang 1867, Tafel 11.

schleife (vergl. Figur 440 und 441 auf S. 566 und 567) und Schubstange $h$ mit dem Stössel $p$ verbunden ist, so dass letzterer beschleunigten Rückgang erhält. Der Fuss des Stössels gleitet mit Prismenführung in einer entsprechenden Nuth am Fusse des Schlittens. Am Kopfe ist der Werkzeughalter angeschraubt, aus vier Theilen bestehend, und dadurch eine

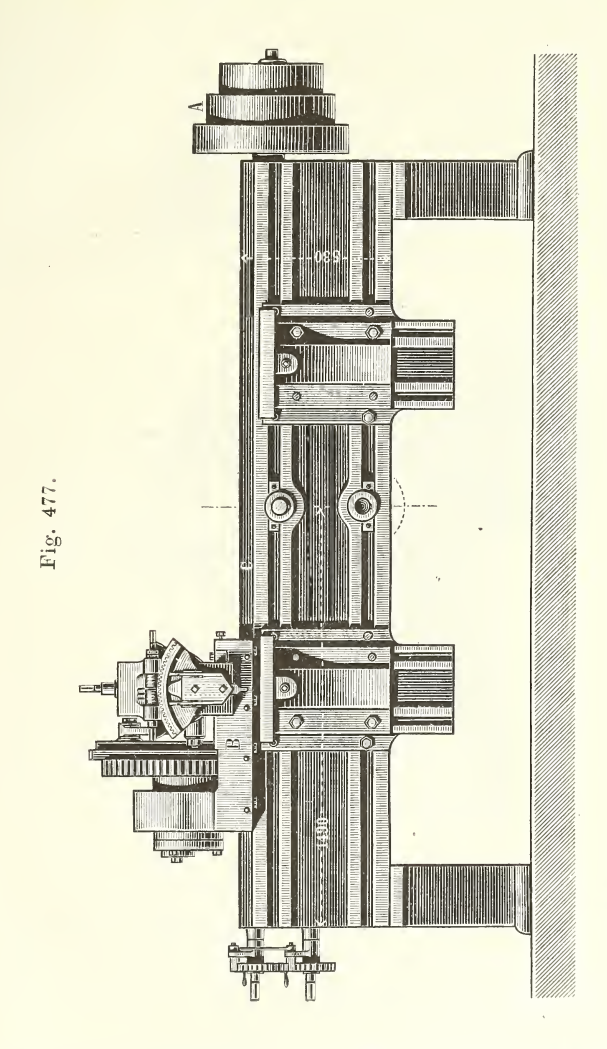


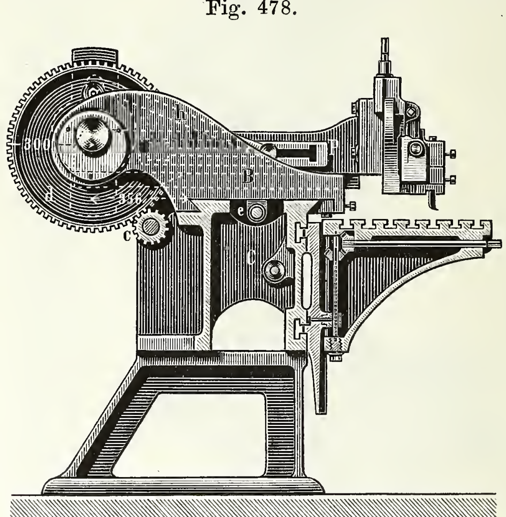

Fig. 477.

Verstellung des Werkzeugs in senkrechter wie in bogenförmiger Richtung ermöglichend. Letztere wird durch die Schnecke $m$ bewirkt, welche in einen verzahnten Bogen des Drehstücks eingreift. Unterhalb des Schlittens trägt derselbe eine Schraubenmutter $e$ (Fig. 478), durch welche die zwischen beiden Wangen des Betts gelagerte lange Schraubenspindel mit doppeltem Gewinde $f$ hindurchgeht, durch ihre ruckweise

Drehung die Fortbewegung des Schlittens sammt Werkzeughalter und Bewegungsmechanismus bewirkend.

Die Art der Schaltung ist in Fig. 480 in vergrössertem Maassstabe abgebildet. Auf der verlängerten Welle *b* sitzt das Getriebe *i* (vergl. auch Fig. 479), welches in das Rad *k* greift; dieses trägt eine punktirt gezeichnete herzförmige Nuth, in welche das eine Ende des zweiarmigen Schlitzhebels *l* mit einem Gleitstücke eingreift, somit nach jeder Umdrehung von *k* eine einmalige Auf- und Niederbewegung erhaltend. Das Uebersetzungsverhältniss zwischen *i* und *k* ist gleich dem Uebersetzungsverhältnisse zwischen den Rädern *c* und *d*, so dass eine einmalige Drehung von *k* einem Doppelhube des Stössels entspricht. Der Hebel *l* überträgt seine Bewegung durch die Stange *m* auf den zweiarmigen Hebel *n*, welcher sich lose auf der Achse des Schalträdchens *o* dreht und mit doppeltem Schalthaken in dasselbe eingreift, somit Dre-

Fig. 478.



hung nach einer oder der andern Seite bewirkend, je nachdem der Schalthaken umgeschlagen ist; *o* ist aber auf der verlängerten Achse der Schraubenspindel *f* befestigt und überträgt demnach die empfangene Drehung ohne Weiteres auf diese.

Zur Befestigung des Arbeitsstücks befinden sich zwei Tische an der Vorderseite des Betts. Jeder derselben besteht aus zwei Stücken, wodurch eine Verstellung in wagerechter Richtung ermöglicht ist. Für die erstere dienen die am Bette befindlichen zwei Längsnuthen, in welchen die Köpfe der zur Befestigung dienenden Schraubenbolzen verschiebbar sind, nachdem man die Muttern gelöst hat; die senkrechte Verstellung wird, wie aus Fig. 478 hervorgeht, durch eine Schraubenspindel und

Mutter ausgeführt, sobald die erstere vermittelst einer auf die unterhalb der Tischplatte gelagerte, wagerechte, mit der Schraube durch ein Paar Winkelrädchen verbundene Welle aufgesteckte Handkurbel gedreht wird.

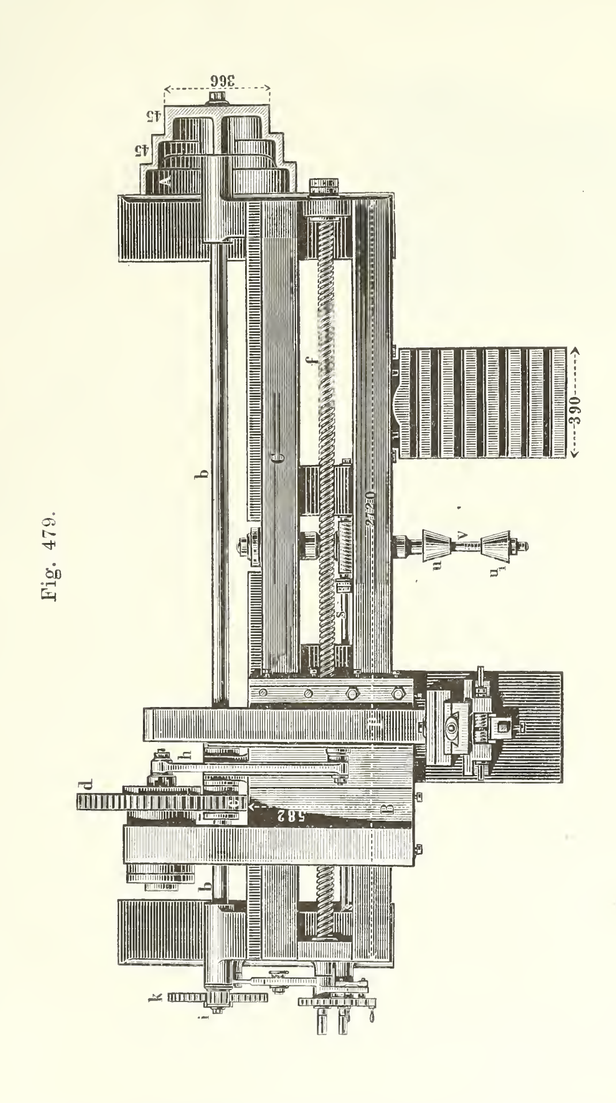



Fig. 479.

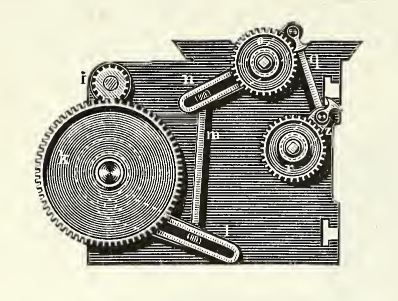
Die erhebliche Breite dieser Maschine [1]) macht sie vorzugsweise zur Bearbeitung langer schmaler Gegenstände (z. B. Balanciers) durch

[1]) Unter „Breite" die Richtung der Schaltbewegung verstanden, in diesem Falle gleichbedeutend mit Bettlänge.

Schnitte in der Querrichtung über das Arbeitsstück geeignet, welches dann auf beiden Tischen seine Auflage findet.

Eine solche Schaltung des Werkzeugs würde auch bei einer bedeutend kürzern Breite der Maschine anwendbar gewesen sein und zeichnet sich theils durch die grössere Sicherheit der Bewegung, hauptsächlich aber durch den Umstand vortheilhaft aus, dass, während bei der Schaltung des Tischs die Breite der Maschine gleich der doppelten Breite (Länge) des Arbeitsstücks sein muss, bei der Schaltbewegung durch das Werkzeug die einfache Breite ausreicht, oder man umgekehrt ein annähernd doppelt so breites (langes) Arbeitsstück in diesem als in jenem Falle hobeln kann. Daher ist bei neueren Feilmaschinen die letztbeschriebene Einrichtung bei Weitem häufiger in Anwendung als die früher beschriebene.

Fig. 480.



Nicht selten findet man für Maschinen mit sehr beträchtlicher Bettlänge zwei Supports in Anwendung, welche gleichzeitig an verschiededenen Stellen arbeiten können; man kann dadurch nicht allein direct an Zeit sparen, sondern kürzt auch die Länge des Schaltungswegs. Jedes der beiden Werkzeuge besitzt in diesem Falle seinen eigenen Bewegungsmechanismus und Schlitten; und damit auch ein jedes völlig unabhängig von dem andern sei, pflegt für jeden Schlitten eine besondere Triebwelle mit Stufenscheibe und eine besondere Schaltungsspindel vorhanden zu sein.

Die abgebildete Maschine besitzt endlich auch einen Apparat zum Rundhobeln, dessen Einrichtung aus Fig. 479 hervorgeht. Die horizontale Spindel $v$ trägt die beiden Conusse $u$ und $u_1$, deren ersterer fest auf $v$ sitzt, während der andere zum Losnehmen eingerichtet ist und durch die davor gesteckte Schraubenmutter gegen das über die Spindel übergeschobene Arbeitsstück (welches zu diesem Zwecke hohl sein muss) festgedrückt wird, dadurch die Feststellung und Centrirung desselben bewirkend. $v$ steckt in einer hohlen gusseisernen Welle und ist am andern herausragenden Ende durch eine Schraubenmutter in derselben festgehalten, lässt sich also ohne Schwierigkeit entfernen. Um für Arbeitsstücke von verschiedenen Durchmessern die geeignete Höhenlage zu erhalten, sind zwei solche ganz gleiche Wellen über einander angebracht, wie in Fig. 477 ersichtlich ist, und im Bette der Maschine gelagert, so dass die Spindel nach Erforderniss in die obere oder untere gesteckt werden kann. Jede der beiden Wellen trägt ein Schneckenrad, welches durch eine zwischen beiden Rädern befindliche, auf der wagerechten Welle $s$ (Fig. 479) befestigte gemeinschaftliche Schnecke gedreht wird. Die Schaltung der Welle $s$ ist wieder in Fig. 480 ersichtlich. Auf dem Ende

der Welle *s* ist das verzahnte Rad *r* befestigt und zugleich der einarmige, mit Schalthaken versehene Hebel *z* drehbar aufgesteckt; durch eine Stange *q* ist der zweiarmige Hebel *n* mit dem Hebel *z* verbunden. Soll der Rundhobelapparat benutzt werden, so wird der Sperrhaken des Hebels *n* aus dem Rade *o* ausgelöst, um die Schaltung des Werkzeugs ausser Thätigkeit zu setzen, der Sperrhaken bei *z* eingeklinkt und somit die Schaltung der Welle *s* in Wirksamkeit gesetzt.

Die Geschwindigkeit des Schnitts ist bei den Feilmaschinen meistens erheblich beträchtlicher als bei Planhobelmaschinen, entsprechend dem geringern Gewichte des bewegten Theils, und pflegt 100 bis 150 Mm. per Secunde zu betragen, während das Maass der Schaltbewegung zwischen $^1/_4$ bis $1^1/_2$ Mm. pro Schnitt sich bewegt.

Der Umstand, dass die Hauptbewegung aller Feilmaschinen durch Kurbel oder Excenter bewirkt wird, beschränkt ihre Hublänge auf ein erheblich geringeres Maass als bei Planhobelmaschinen, und während die kleinsten Maschinen oft nicht mehr als 100 Mm. Hublänge besitzen, dürfte als Maximum der Hublänge bei den grössten Maschinen 500 Mm. anzusehen sein.

Der Arbeitsverbrauch der Feilmaschinen wird sich in ähnlicher Weise wie für Planhobelmaschinen ermitteln lassen; zur Veranschlagung der erforderlichen Betriebskraft wird man für kleine Feilmaschinen 0,5, für grosse 1 Pferdestärke rechnen können.

Den Planhobelmaschinen gegenüber besitzen die Feilmaschinen, insbesondere diejenigen mit Schaltung durch das Werkzeug, den Vortheil, dass sie für gleiche Hublängen geringern Platz beanspruchen, da ihre Längenausdehnung im einfachen, nicht wie bei jenen im doppelten Verhältnisse zur Hublänge steht. Während daher diese geringere Hublänge und die leichtere Construction die Anwendung der Feilmaschinen für sehr grosse und schwere Gegenstände ausschliesst, lässt die oben erwähnte Eigenschaft, sowie die grössere Arbeitsgeschwindigkeit und ein geringerer relativer Arbeitsverbrauch sie als ausserordentlich zweckmässig zur Bearbeitung weniger schwerer Gegenstände erscheinen, die, falls sie eine geringe Breite bei beträchtlicher Länge besitzen, der Quere nach bearbeitet werden.

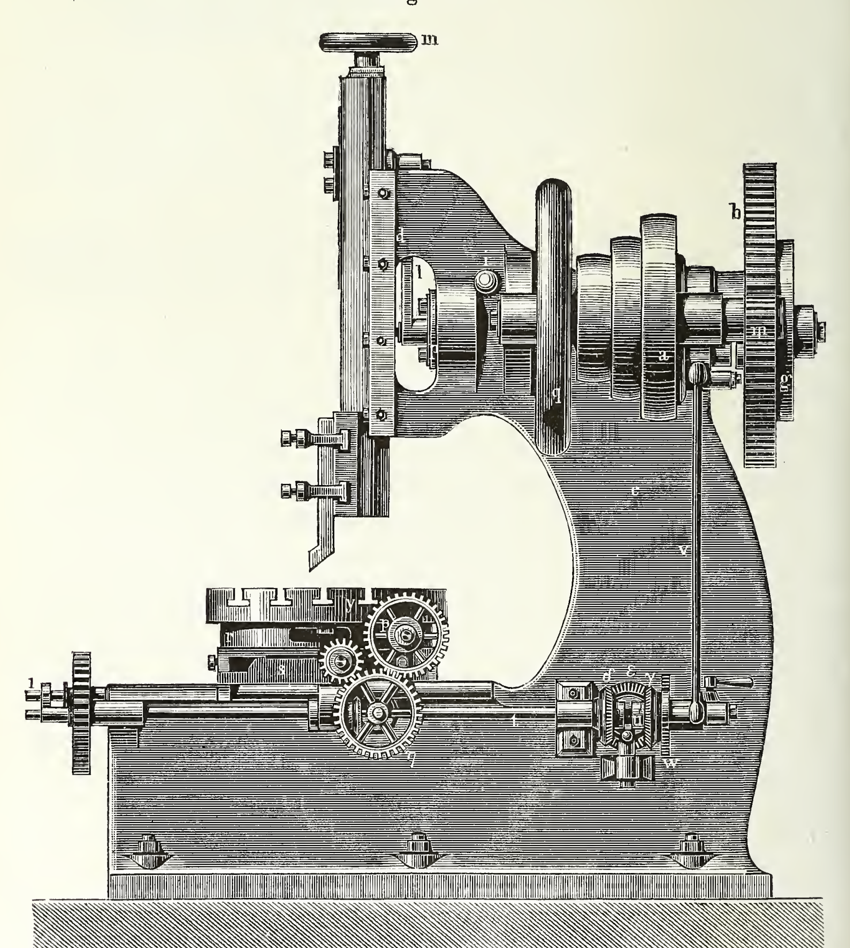
Letzterer Eigenthümlichkeit der Maschine, durch welche ihre Schnitte dieselbe Richtung erhalten, als wäre das Arbeitsstück durch Feilstriche bearbeitet worden, und dem Umstande, dass sie thatsächlich bei vielen Gegenständen die Bearbeitung durch Feilen ersetzt, verdankt sie wohl ihren Namen als Feilmaschine.

Mit dem Rundhobelapparate versehen ist sie im Stande, rasch und mit wenig Arbeitsaufwand Cylinderflächen an manchen kleineren Gegenständen herzustellen, die auf der Drehbank einen grössern Zeitverlust erfordert haben würden.

**Stossmaschinen, Nuthenstossmaschinen, Stanzmaschinen, Verticalhobelmaschinen.** Das Werkzeug macht die Hauptbewegung in senkrechter Richtung, und zwar schneidend beim Niedergange und leer beim Aufgange; das Arbeitsstück fast immer die Schaltbewegung durch geradlinige Fortbewegung oder durch Drehung. Zur Bewegung des Werkzeugs dient fast ausschliesslich die Kurbel mit oder ohne Zwischenmechanismen für beschleunigten Rückgang.

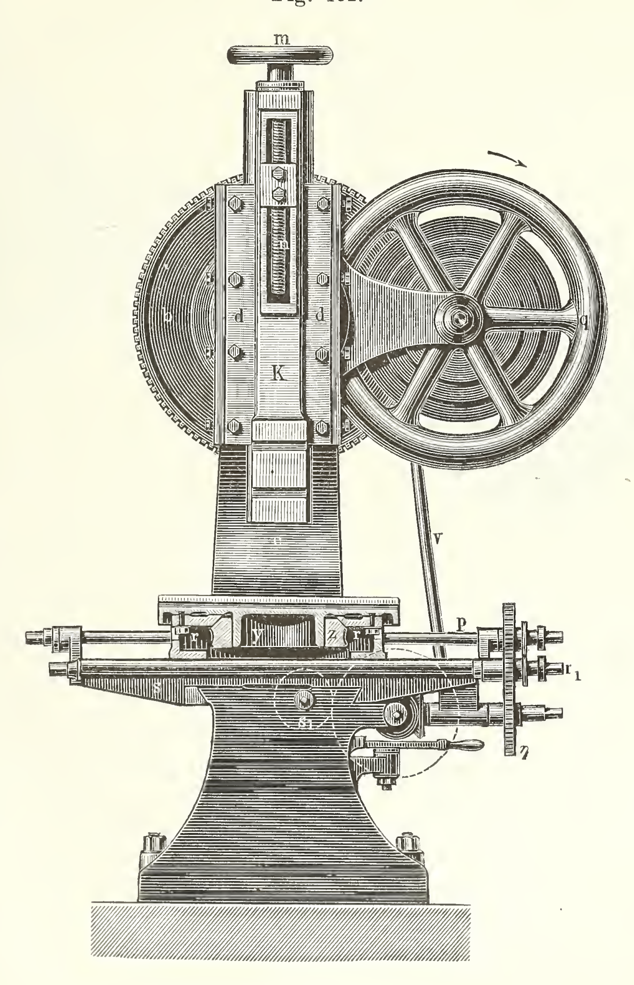
Die Arbeit der Stossmaschinen ist daher derjenigen der Feilmaschinen mit beweglichem Arbeitsstücke ähnlich, und der Unterschied liegt in der Richtung der Hauptbewegung Gerade hierdurch aber wird eine durchaus geänderte Anordnung der ganzen Maschine nothwendig.

Fig. 481.



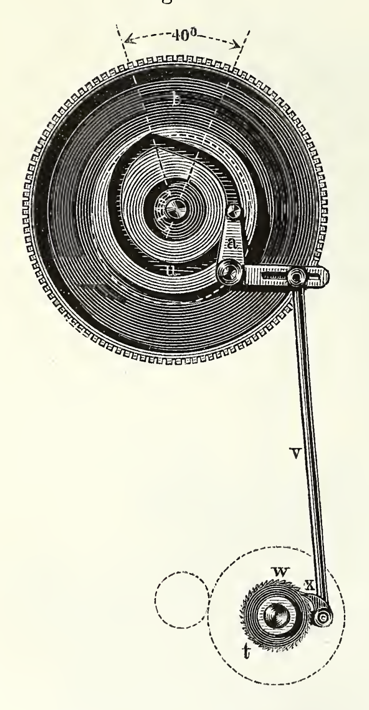
In den Figuren 481 bis 484 ist in $^1/_{20}$ der wirklichen Grösse eine Nuthenstossmaschine für Stücke von 1200 Mm. grösstem Durchmesser und 400 Mm. Höhe aus der Deutschen Werkzeugmaschinenfabrik in Chemnitz abgebildet. Der Ständer der Maschine ist in einem Stücke in Hohlguss gefertigt und trägt die gleichfalls angegossenen Führungsleisten *d* für den Stössel (Prisma) *k*. *a* ist die Stufenscheibe für den Antrieb. Vor derselben, für den Arbeiter leicht zu erreichen, befindet sich auf derselben Welle das Schwungrad *q*, zugleich dazu dienend, den Stössel von Hand in die richtige Stellung zu bringen, bevor die Maschine angelassen wird. Die Bewegung wird von *a* durch das Getriebe *m* auf das kräftig gebaute Rad *b* übertragen *b* ist durch excentrische Kurbelschleife mit

Fig. 482.



der Kurbelwelle *f* verbunden und ertheilt der Maschine dadurch beschleunigten Rückgang (Aufgang). Die Einrichtung der excentrischen (Withworth'schen) Kurbelschleife wird aus Fig. 484 verständlich sein. *h* ist der im Rade *b* befestigte Mitnehmerzapfen, welcher in einer radialen Führung der gegen *b* excentrischen Scheibe *g* gleitet; *g* überträgt die empfangene ungleichförmige Bewegung auf die Welle *f*. Auf dem vordern Ende von *f* sitzt die warm aufgezogene rechteckige Scheibe *e*, auf welcher verstellbar die Scheibe *p* mit dem excentrischen Zapfen für den Angriff der Schubstange befestigt ist. Die Schraube *o* dient zur Verstellung der Excentricität zwischen diesem Zapfen und der Welle *f* und somit zur Vergrösserung oder Verkleinerung der Kurbellänge und des Hubes der Maschine. Der grösste erreichbare Hub (gleich der doppelten Excentricität) ist 250 Mm.; stellt man den Kurbelzapfen genau centrisch zur Welle *f*, so ist der Hub gleich Null. Durch die Zugstange *l* wird die Kurbelbewegung auf den Stössel *k* übertragen. Wie aus Fig. 482 und 484 hervorgeht, ist letzterer durch eine Schraubenmutter und starke Schraubenspindel *n* mit der Zugstange verbunden, wodurch es möglich wird, die Höhenlage desselben, je nachdem die zu bearbeitende Fläche höher oder tiefer liegt, in ziemlich weiten Grenzen zu verstellen. Da der grösste Zapfendruck der Welle *f* nach oben gerichtet ist, so ist die obere, aus Hartrothguss gefertigte Lagerhälfte *i* derselben, (Fig. 484) durch einen quer durch das Gerüst hindurchgehenden Keil $i_1$ nachstellbar gemacht.

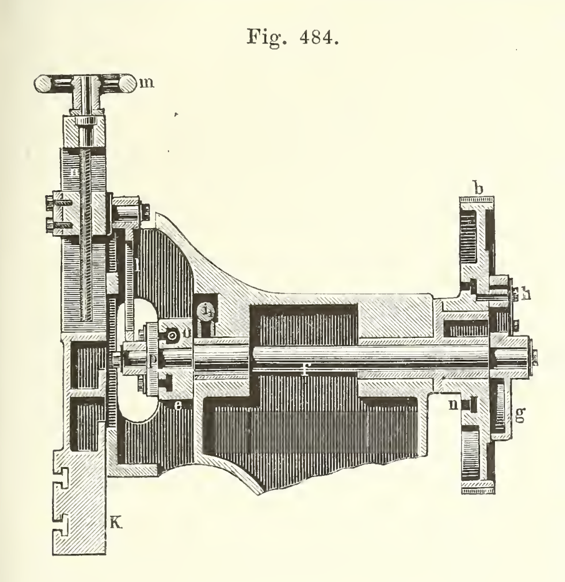
Fig. 483.




Unterhalb des Stössels befindet sich auf dem angegossenen Fusse der Maschine der Tisch *y* mit Vorrichtung zur Längen- und Querverschiebung, sowie zur Kreisbewegung versehen. Auf der mit T-förmigen Querschlitzen versehenen Tischplatte wird das Arbeitsstück aufgespannt. Dieselbe trägt an ihrer untern Seite den mit ihr in einem Stücke gegossenen Schneckenkranz *z*, vollständig innerhalb des Tischs liegend. *y* ist drehbar auf dem Mittelstücke *r*; die Drehung erfolgt von einer in der Abbildung nicht ersichtlichen Schnecke auf der horizontalen Welle *p*, durch Längsnuth und Feder mit einander verbunden, so dass bei Verschiebung des Mittelstücks *r* auch die Schnecke mitgenommen wird. *r* macht die Quer-

verschiebung des Tischs, gleitet zu diesem Zwecke mit Prismenführungen auf dem Untertheile $s$ und erhält seine Bewegung durch eine horizontale Schraubenspindel $r_1$, welche in $s$ gelagert ist und durch eine an $r$ befestigte Mutter hindurchgeht. Der Schlitten $s$ bewegt sich auf Führungen des Fusses der Maschine in der Längenrichtung und erhält diese Bewegung von einer Schraubenspindel $s_1$ aus. Jede dieser drei Bewegungen kann mit Hülfe einer auf das Ende der betreffenden drei Spindeln aufgesteckten Kurbel von Hand bewirkt werden, während des Ganges der Maschine aber pflegt die Schaltung selbstthätig in folgender Weise vor sich zu gehen. In dem Rade $b$ (vergl. Fig. 483 und 484) ist eine curvenförmige Nuth $u$ eingegossen, in welcher ein an dem Ende des Steuerungshebels $\alpha$ befestigter Zapfen gleitet. Die Curve besitzt einen leicht erkennbaren Punkt, wo ihr Abstand vom Radmittel am grössten ist; von hier aus nimmt dieser Abstand innerhalb eines Bogens von 40 Graden rasch ab und bleibt dann während eines Bogens von 140 Graden gleich, so dass die Curve innerhalb des letztern als concentrischer Kreisbogen erscheint. Befindet sich der Zapfen des Hebels $\alpha$ nun in dem grössten Abstande vom Radmittel, so wird er bei Drehung des Rads $b$ in der Pfeilrichtung rasch in der Richtung nach links hinübergedrückt werden und bewirkt während dieser Periode Schaltung; alsdann gelangt er in den concentrischen Theil der Curve, und die Schaltung ruht; endlich, in einem dritten Theile der Curve, welche den noch übrig bleibenden Bogen von 180 Graden einnimmt, wächst der Abstand vom Radmittel ganz allmälig, bis er wieder auf dem höchsten Stande angelangt ist; $\alpha$ enthält demnach eine entgegengesetzte Bewegung und bewirkt langsamen Rückgang des Steuerungsmechanismus.

Fig. 484.




Die Bewegung des Hebels $\alpha$ wird durch die Zugstange $v$ zunächst auf einen einfachen Sperrkegel $x$ übertragen, welcher in das Sperrrädchen $w$ eingreift, bei der Hinaufbewegung (während des ersten Theils der Schaltungscurve) dasselbe dreht, bei der Hinunterbewegung leer gleitet. Der Angriffspunkt der Zugstange $v$ am Hebel $\alpha$ ist in einem Schlitze

verstellbar, um das Maass der Schaltung grösser oder kleiner zu machen. Das Rädchen $w$ überträgt die empfangene Bewegung zunächst auf das daneben sitzende Winkelrädchen $\gamma$ und von diesem auf ein zweites oder drittes Winkelrädchen $\varepsilon$ und $\delta$. $\gamma$ und $\delta$ sitzen lose auf der Schaltungswelle $t$; zwischen beiden befindet sich auf derselben Welle, durch Nuth und Feder mit ihr verbunden, die Klauenkupplung $u$, durch den in Fig. 482 ersichtlichen Handhebel bewegt. Wird dieselbe mit $\gamma$ eingerückt, so erhält die Welle $t$ ohne Weiteres von diesem Rädchen seine Bewegung, während $\delta$ und $\varepsilon$ leer gehen; wird $u$ mit $\delta$ eingerückt, so erfolgt die Bewegungsübertragung durch alle drei Rädchen, mithin in umgekehrter Richtung. Auf dem vordern Ende von $t$ befindet sich ein Stirnrädchen im Eingriffe mit einem zweiten auf der Schraubenspindel $s_1$ sitzenden Rädchen, wodurch Schaltung des Tischs in der Längsrichtung bewirkt wird. Durch Verschiebung des letztgenannten Rädchens auf seiner Spindel kann dasselbe ausser Eingriff und somit diese Schaltung ausser Thätigkeit gesetzt werden. Ferner befindet sich auf $t$ ein Winkelrädchen, durch Nuth und Feder verschiebbar mit $t$ verbunden, welches durch ein zweites, in Fig. 482 erkennbares Winkelrädchen und eine kurze im Schlitten $s$ gelagerte Welle seine Bewegung auf das Getriebe $\eta$ überträgt und dabei gezwungen ist, jede Längsbewegung des Schlittens mitzumachen. Von $\eta$ aus erfolgt nun die Bewegungsübertragung auf die beiden Stirnrädchen, welche auf den Enden der Spindeln $p$ und $r_1$ befindlich sind und deren jedes durch Verschiebung auf seiner Spindel in und ausser Eingriff gebracht werden kann. Es wird also Längs-, Quer- und Rundbewegung des Arbeitsstücks bewirkt.

Die Befestigung des Werkzeugs am Stössel pflegt bei den Nuthenstossmaschinen in einfachster Weise durch Klemmschrauben bewirkt zu werden; bei der abgebildeten Maschine dient ein Paar geschmiedeter Bügel, welche in T-förmige Schlitze des Stössels eingeschoben sind, zum Tragen der Klemmschrauben.

Als vortheilhafteste Schnittgeschwindigkeit gilt bei den Nuthenstossmaschinen 100 bis 150 Mm. per Secunde, und die Grösse der Schaltung ist $^1/_3$ bis $1^1/_2$ Mm. per Schnitt. Die üblichste Hublänge ist 100 bis 300 Mm.

Wie der Name andeutet verdanken die Nuthenstossmaschinen ihre Entstehung der Aufgabe, senkrechte Nuthen, insbesondere Keilnuthen in Radnaben, einzuarbeiten, wobei die Schneide des Werkzeugs die Breite der Nuth erhält, und das Arbeitsstück nach jedem Schnitte gegen das Werkzeug vorgeschoben wird, bis die erforderliche Tiefe der Nuth erreicht ist. Die grossen Annehmlichkeiten aber, welche die Maschine überhaupt bei der Bearbeitung senkrechter, nicht sehr hoher Flächen darbietet und wozu namentlich ihr rascher Gang und ihre einfache Bedienung gehört, haben ihr längst eine weit ausgedehntere Anwendung verschafft; die Schaltbewegung in der Kreislinie, durch welche cylindrische Flächen erzeugt werden, macht sie vorzugsweise geeignet zur Bearbeitung von Flächen, wie sie an der Aussenseite von Kurbeln, Hebeln und ähn-

lichen Gegenständen häufig sind, und deren Herstellung auf der Rundhobelmaschine oder Drehbank wegen des langen Armes jener Arbeitsstücke schwierig oder unmöglich sein würde.

Der Arbeitsverbrauch wird in gleicher Weise wie bei den früher besprochenen Hobelmaschinen berechnet und kann bei den grösseren Maschinen auf ca. 1 Pferdestärke, bei kleinen auf 1/2 bis 3/4 Pferdestärken veranschlagt werden.

---

Literatur und Abbildungen aller Sorten Hobelmaschinen.

Ausser den auf S. 569 genannten Werken:

Zeichnungen der Hütte, Jahrg. 1856, Nr. 4 ef; Jahrg. 1858, Nr. 42; Jahrg. 1859, Nr. 3; Jahrg. 1862, Nr. 21 ab; Jahrg. 1864, Nr. 18; Jahrg. 1867, Nr. 4; Jahrg. 1871, Nr. 10; Jahrg. 1872, Nr. 4.

Wiebe, Skizzenbuch, Jahrg. 1869, Heft 5; Jahrg. 1871, Heft 1.

Ferner finden sich Besprechungen und Abbildungen ausgeführter Hobelmaschinen in den meisten Jahrgängen aller grösseren technischen Zeitschriften; so in Dingler's Journal, im Polytechnischen Centralblatt, im Praktischen Maschinenconstructeur u. v. a.

---

## c. Die Säge.

Wenn man eine Anzahl Meissel von sehr geringer Breite und Höhe in der Bewegungsrichtung hinter einander anordnet und durch einen Quersteg verbindet, so erhält man den Begriff einer Säge. Die geringe Höhe ist erforderlich, um bei der schwachen Stärke der Meissel ein seitliches Verbiegen zu vermeiden; und da die gewonnenen Späne nur sehr dünn sind und bald abbrechen, so ist das Abfliessen derselben durch die geringe Höhe nicht behindert.

Die einzelnen Meissel nennt man die Zähne, den zwischen zwei Zähnen befindlichen Zwischenraum die Zahnlücke, denjenigen Theil der Säge, welcher die einzelnen Zähne verbindet, das Blatt. Gewöhnlich bestehen die Zähne und das Blatt aus einem Stücke, und die Säge wird durch Ausfeilen oder Ausstossen der Zahnlücken an der Kante des Blatts hergestellt; nur für sehr grosse Sägen fertigt man die Zähne einzeln und verbindet sie mit dem Sägeblatte[1]).

Damit jeder folgende Zahn nicht etwa leer in der von dem vorausgegangenen geschnittenen Furche sich vorwärts bewege, sondern gleichfalls schneidend wirke, muss derselbe relativ tiefer liegen, als der voraus-

---

[1]) Deutsche Industriezeitung, Jahrg. 1867, S. 343 und 403; Jahrg. 1873, S. 484; Jahrg. 1875, S. 254; Jahrg. 1877, S. 337.

gegangene. Wenn nun die Schneidkanten sämmtlicher Zähne sich in einer geraden Linie befinden, so wird diese tiefere Lage der folgenden Zähne durch eine gegen die Bewegungsrichtung geneigte Lage dieser geraden Linie hervorgerufen, vorausgesetzt, dass die Länge des Schnitts grösser ist als der Abstand zweier Zähne von einander. Durch diese geneigte Lage kommen also so viele Zähne mit einem Male zum Schneiden als der Länge der Schnittlinie entsprechen; und während jeder einzelne Zahn nur einen Span von sehr geringer Dicke abnimmt, ist die Dicke der bei einem einmaligen Durchgange der Sägen abgenommenen Schicht gleich der Summe aus den Dicken der von jedem Zahne einzeln abgenommenen Späne. Aus den früher gegebenen allgemeinen Erörterungen über das Schneiden (S. 550) folgt aber, dass es bedeutend weniger Kraftaufwand erfordert, viele dünne einzelne Schichten als eine einzige dicke Schicht abzuheben; und demnach genügt bei Anwendung der Säge eine geringere Arbeit zum Lostrennen einer gleich grossen Schicht, als wenn derselbe Erfolg mit einem einmaligen Durchgange eines einzigen Meissels hervorgebracht werden sollte.

Eine gleiche Wirkung wie durch jene Neigung der Säge gegen die Bewegungsrichtung wird nun offenbar hervorgebracht werden, wenn neben einer Hauptbewegung, welche in der Richtung der durch die Schneidkanten der Säge gelegten Linie stattfindet, eine ununterbrochene Schaltbewegung in der Schnittebene normal gegen jene Hauptbewegung eingerichtet wird; denn die Resultante aus beiden Bewegungsrichtungen ist offenbar wieder eine gegen die Hauptbewegung geneigte Linie, und jeder folgende Zahn wird demnach in dem der Grösse der Schaltbewegung entsprechendem Maasse tiefer in das Arbeitsstück eindringen als der vorausgegangene und demzufolge dickere oder weniger dicke Späne lostrennen.

Durch diese doppelte Bewegung wird thatsächlich fast stets jene Aufgabe gelöst, die Vorwärtsbewegung in einer gegen die Kantenebene geneigten Linie vor sich gehen zu lassen; und insbesondere ist dieselbe unerlässlich, wenn, wie bei vielen durch Elementarkraft bewegten Sägen, die Zähne entweder in einer Kreislinie angeordnet sind (Kreissägen) oder das bandförmige Sägeblatt sich ununterbrochen in einer Linie ohne Ende bewegt (Bandsäge).

Die geschilderte Wirkung der Säge, insbesondere auch die sehr geringe Breite ihrer Zähne, lässt sie nicht sowohl zur Bearbeitung breiter Flächen, als vielmehr zur Hervorbringung tiefer Einschnitte geeignet erscheinen, und man benutzt sie deshalb vorwiegend zum Zertheilen der Arbeitsstücke, wobei alsdann eine Schicht von der Breite der Zähne als „Sägespäne" verloren geht.

Während bei Bearbeitung des Holzes uns die Säge in den mannigfachsten Formen und für die mannigfachsten Verwendungen begegnet, finden wir bei der Verarbeitung der Metalle nur zwei Hauptformen derselben vertreten. Der Grund hierfür ist leicht aufzufinden; er liegt in

dem grössern Widerstande des härtern Metalls, welcher ein leichteres Verbiegen der schmalen Zähne der Säge zur Folge hat. Wollte man aber durch grössere Breite der Zähne diesen Nachtheil abschwächen, so würde nicht allein ein grösserer Metallverlust durch Spanbildung, sondern auch ein mit der Breite in geradem Verhältnisse wachsender Arbeitsverbrauch die Folge sein, und dadurch ein Hauptvortheil der Säge gegenüber anderen zum Trennen geeigneter Apparate verloren gehen. Diese grössere Härte des Metalls macht auch einige Abweichungen in der Construction der Zähne erforderlich. Je härter nämlich der zu sägende Körper ist, desto geringer wird der Unterschied in dem Maasse des Eindringens zweier auf einander folgender Zähne sein, mit anderen Worten, desto geringer wird die Schaltbewegung und desto schwächer werden die Späne sein. Die letzteren werden aber um so leichter abbrechen, um so kürzer ausfallen, je dünner sie sind. Daher können bei Metallsägen die Zähne näher an einander stehen und geringere Höhe besitzen, als bei Holzsägen, wodurch wieder eine grössere Sicherheit gegen das Verbiegen gegeben ist.

Bei den Holzsägen werden die Zähne ein wenig aus der Ebene des Blattes abwechselnd nach der einen und andern Seite abgebogen (geschränkt), um ein seitliches Schneiden zu bewirken und dadurch die Reibung zwischen Schnittfläche und Sägeblatt aufzuheben; bei den Metallsägen würde dieses seitliche Schneiden einen grossen Widerstand verursachen, und die Zahnschneiden liegen deshalb in einer Ebene mit dem Sägeblatte. Um trotzdem die Reibung zu verringern, macht man wohl die Sägeblätter der Metallsägen am Rücken dünner als an der gezahnten Seite oder bildet durch Behämmern längs der Kanten des Zahns einen Grat, welcher die Breite des Schnitts vergrössert.

Die Form der Zähne ist die eines Keils mit sehr schmalem Rücken dessen Zuschärfungswinkel 65 bis 70 Grad und Anstellungswinkel 20 bis 25 Grad zu betragen pflegt, so dass der Schneidwinkel meistens ein wenig kleiner als 90 Grad ausfällt.

1. **Hand- oder Bogensägen.** Das Blatt derselben ist 250 bis 350 Mm. lang, 10 bis 20 Mm. breit. Die Zähne stehen in einer geraden Linie in Abständen von $^1/_2$ bis 2 Mm., von Spitze zu Spitze gemessen, von einander; bisweilen jedoch ordnet man sie bei neuen Sägen in einer schwach convexen Linie an, um der nach der Mitte zu wachsenden Abnutzung Rechnung zu tragen. Um dem Sägeblatte die nöthige Steifigkeit zu verleihen, ist dasselbe in einem eisernen „Bogen“ von bekannter Form eingespannt, und zur Führung dient ein am Bogen befestigter Handgriff.

Die Handsäge wird zum Zertheilen kleinerer Metallstücke benutzt. Dieselben werden gewöhnlich in den Schraubstock eingespannt, der Arbeiter bewegt mit der rechten Hand die Säge vorwärts und leer zurück und übt mit der linken Hand bei der schneidenden Vorwärtsbewegung einen Druck auf den Bogen normal gegen das Arbeitsstück aus. Das

Werkzeug führt demnach beide Bewegungen aus; eine hin- und hergehende Hauptbewegung und die während des Schneidens unausgesetzt aber in sehr kleinem Maasse thätige Schaltbewegung durch den Druck der linken Hand.

Das Sägeblatt wird aus bestem Stahl gefertigt, die Zähne eingefeilt, bei sehr kleinen Sägen mit dem Meissel eingehauen, dann gehärtet und gelb angelassen.

Die kleinsten Handsägen, welche bei der Anfertigung ornamentaler Gegenstände dazu benutzt werden, gekrümmte Linien auszuschneiden, heissen Laubsägen. Man pflegt das Blatt derselben aus einer Uhrfeder zu fertigen und giebt ihnen eine sehr feine Theilung (0,4 bis 1 Mm. Zahnabstand). Der Bogen dieser Laubsägen zeigt eine etwas abweichende Form von dem Bogen für grössere Sägen. Er ist höher als dieser, um auch in grösserem Abstande vom Rande des Arbeitsstücks sägen zu können; der den Handgriff tragende Schenkel bildet gewöhnlich ein selbstständiges, auf dem langen Mittelstücke des Bogens mit einer Hülse verschiebbares und durch eine Klemmschraube zu befestigendes Stück, um mit Sägeblättern von verschiedenen Längen arbeiten zu können.

Um mit der Laubsäge aus einer vollen Metallplatte auch solche Oeffnungen auszuschneiden, welche nicht nach dem Rande auslaufen, sondern ringsum eingeschlossen sind, wird an einer geeigneten Stelle innerhalb der Platte ein Loch durchgeschlagen, das Sägeblatt, nachdem es aus dem Bogen an einem Ende losgemacht ist, hindurchgesteckt, dann wieder in demselben befestigt und so nach der betreffenden Linie herumgeführt, während der Sägebogen ausserhalb des Randes mitgeht.

2. **Kreissägen.** Die Zähne sind nach einer Kreislinie auf dem Rande einer kreisförmigen Stahlscheibe angeordnet. Diese Scheibe ist auf einer horizontalen Welle befestigt, welche zugleich die Antriebsriemenscheibe trägt und mit ihren Enden in Zapfenlagern ruht. Die Hauptbewegung wird durch Drehung jener Welle bewirkt; die Schaltbewegung wird entweder durch das Arbeitsstück ausgeführt, indem dasselbe fortschreitend der Scheibe genähert wird; oder durch die Säge, welche in diesem Falle gleichzeitig mit ihrer Drehung sammt ihren Lagern gegen das Arbeitsstück vorgeschoben wird, und zu diesem Zwecke gewöhnlich pendelartig in zwei schwingenden, durch Getriebe und verzahntes Bogenstück bewegten Rahmen aufgehängt ist.

Der Betrieb aller für Metallbearbeitung dienenden Kreissägen erfolgt durch Elementarkraft; man giebt ihnen eine bedeutende Umfangsgeschwindigkeit, nicht allein, um direct die Arbeit zu beschleunigen, sondern auch, um während des Leergangs desto mehr lebendige Kraft zu sammeln, welche während des Schneidens verbraucht werden kann. Erfahrungsgemäss liefern alle Sägen bei raschem Gange einen reinern glattern Schnitt als bei langsamem, was eben mit der grössern Gleichmässigkeit der Bewegung bei raschem Gange zusammenhängt.

Eine vorwiegend häufige Verwendung finden die Kreissägen zum Zerschneiden von stangenförmigen Körpern aus Eisen und Stahl (Eisenbahnschienen, Trägern und verschiedenen anderen), welche im Walzwerke ihre Querschnittsvollendung erhielten und nun auf bestimmte Längen getheilt werden sollen. Die Arbeitsstücke werden hierbei unmittelbar von dem Walzwerke kommend, also im rothglühenden Zustande, zur Säge gebracht; der geringere Widerstand, welchen das erhitzte Metall der Trennung seiner Theilchen entgegensetzt, ermöglicht es, zur Beschleunigung der Arbeit grössere Späne zu nehmen, und die Zähne dieser Kreissägen sind aus diesem Grunde beträchtlich grösser, als die der oben beschriebenen Handsägen. Die Zahntheilung (der Abstand zweier Zahnspitzen) pflegt 15 bis 30 Mm., die Höhe der Zähne 10 bis 20 Mm. zu betragen. Die Sägeblätter haben 0,8 bis 1,5 M. Durchmesser und machen 800 bis 2000 Umläufe per Minute, so dass sie eine Umfangsgeschwindigkeit von 60 bis 80 M. per Secunde besitzen. Das Sägeblatt ist entweder ringförmig in einem Stücke gefertigt oder aus mehreren Segmenten zusammengesetzt; die Befestigung geschieht durch Einklemmen zwischen zwei auf der Welle befindlichen Gusseisenscheiben, welche durch Schrauben zusammengepresst werden, und von denen die eine fest auf der Welle sitzt, während die andere verschiebbar ist. Die Stärke des Sägeblatts beträgt 2 bis 4 Mm. Damit die Erhitzung beim Zerschneiden der heissen Stäbe nicht eine Erweichung des Sägeblattes herbeiführe, lässt man, wo es angeht, dasselbe in eine mit Wasser gefüllte Schale tauchen, benutzt aber auch, wo eine solche Erhaltung der Härte durch Abkühlung von vornherein aussichtslos ist, wohl nur schmiedeeiserne Sägeblätter, deren grosse Umfangsgeschwindigkeit ihren Mangel an Härte ersetzen muss [1]).

Wenn es sich darum handelt, eine grosse Anzahl Arbeitsstücke, z. B. Eisenbahnschienen, nach gleichen Längen abzuschneiden, pflegt man zwei parallele Kreissägen auf gemeinschaftlicher Welle anzuwenden, deren Abstand von einander verstellbar ist, und so mit einem Male beide Enden des Arbeitsstücks abzuschneiden. Letzteres ruht hierbei auf einer Tischplatte mit Knaggen, welche ein Ausweichen vor dem Drucke der Säge verhüten; der Vorschub wird stets von Hand mit Hülfe eines Hebels — häufig mit Einschaltung von Getriebe und Zahnstange — bewirkt, welcher entweder den Tisch (welcher in diesem Falle schlittenartig geführt ist) gegen die Sägen oder die Sägen sammt Lagern, Welle und Riemenscheibe in der oben geschilderten Weise gegen das Arbeitsstück vorschiebt.

Für die Berechnung des Arbeitsaufwandes für den Betrieb einer Kreissäge giebt Hartig die Formel:

---

[1]) Es ist eine interessante Erscheinung, dass man mit einer sich sehr rasch drehenden Schmiedeeisenscheibe, selbst ohne Zähne, im Stande ist, weit härtere Stahlstäbe im kalten Zustande zu zertheilen.

$$N = 0{,}62 + \varepsilon F,$$

worin $F$ die leicht zu beobachtende Schnittfläche in Quadratmetern per Stunde bedeutet, und

$\varepsilon$ für rothwarmes Schmiedeeisen = 7,56 Pferdestärken,
„ rothwarmen Stahl . . = 10,9 „

beträgt.

Der durchschnittliche Arbeitsverbrauch für Sägen mittlerer Grösse kann zu 5 Pferdestärken angenommen werden, wobei eine Eisenbahnschiene in etwa 10 Secunden durchschnitten wird.

---

### Literatur über Sägen.

Ausser den oben (S. 569) genannten Werken:

Zeichnungen der Hütte, Jahrg. 1859, Nr. 12; Jahrg. 1861, Nr. 16 p; Jahrg. 1867, Nr. 18; Jahrg. 1868, Nr. 18.
Petzholdt, Fabrikation von Eisenbahnmaterial, S. 15, Taf. I.
v. Hauer, Hüttenwesensmaschinen, S. 593.

---

## d. Die Feile.

Wenn man sich mehrere Sägen mit gleich grossen Zähnen so neben einander gelegt und zu einem Ganzen verbunden denkt, dass sämmtliche Zahnspitzen in eine Fläche fallen, so erhält man den Begriff der Feile. Während die Säge aber vornehmlich den Zweck hat, schmale und tiefe Einschnitte zu machen, dient die Feile vermöge ihrer beträchtlichen Breite dazu, ganze Flächen durch Abnahme von dünnen Spänen zu bearbeiten. Jene Fläche der Zahnspitzen kann sowohl gerade als gekrümmt sein; es können mehrere solcher mit Zahnspitzen besetzter Flächen unter beliebigen Winkeln zusammenstossen und in solcher Weise die mannigfachsten äusseren Formen für die Feile bilden.

Ordnet man nun die Zähne der Feile in solcher Weise an, dass jeder derselben, quer über die Feile hinweggehend, die ganze Breite derselben einnimmt, so besitzen natürlich die genommenen Späne gleichfalls dieselbe beträchtliche Breite, brechen in Folge dessen schwer ab und verursachen beträchtlichen Arbeitsaufwand. Deshalb sind solche Feilen nur für sehr weiche Metalle verwendbar. Man nennt dieselben aus einem sogleich zu erörternden Grunde einhiebig. Legt man hierbei die Breitenrichtung der Zähne (die Schneidkante derselben) nicht genau rechtwinklig, sondern schräg gegen die Bewegungsrichtung, so erleichtert man dadurch nach den früher gegebenen Erörterungen das Abfliessen der Späne und erhält einen schärfern Schneidwinkel, befördert

also die Wirkung der Feile, und daher ist diese schräge Lage der Schneidkanten Regel.

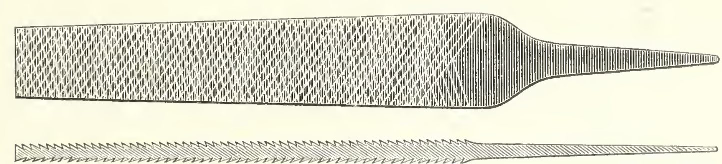
Jene bei harten Metallen nachtheilige Breite der Zähne wird verringert, wenn man sie in der Breitenrichtung theilt, statt eines durchgehenden Zahns also mehrere schmale anbringt. Solche Feilen mit schmalen Zähnen nennt man zweihiebig. Wollte man nun diese Zähne hinter einander in durchgehenden Längsreihen parallel der Bewegungsrichtung anordnen, so würde bei der Benutzung jede Zahnreihe eine einzige Furche auf der Oberfläche des Arbeitsstücks ziehen, und zwischen zwei solchen Furchen würde eine erhabene Rippe stehen bleiben, entsprechend dem Abstande zweier neben einander befindlicher Zahnreihen. Zur Vermeidung einer solchen mangelhaften Wirkung der Feile und zur Erzielung einer vollständig gleichmässigen Oberfläche giebt man deshalb auch den Zahnreihen in der Längenrichtung eine gegen die Bewegungsrichtung der Feile schräge Lage; es tritt dann jedesmal ein folgender Zahn in den zwischen zwei vorausgegangenen neben einander befindlichen Zähnen gelassenen Zwischenraum und nimmt das von diesen stehen gelassene Metall hinweg.

Aus diesem Verhalten der Feile erklärt sich die Art und Weise ihrer Anfertigung. Man stellt die Zähne durch Reihen paralleler Einschnitte dar, welche mit Hülfe eines Meissels unter bestimmtem Winkel gegen die vorher glatte Oberfläche angebracht werden und dadurch die Zähne aufwerfen. Die Einschnitte heissen der Hieb, die Arbeit der Herstellung das Hauen der Feile.

Eine einhiebige Feile besitzt nur eine Reihe solcher quer durchlaufender Hiebe, welche einen Winkel von ca. 70 Grad (beziehentlich 110 Grad) gegen die Achse der Feile beschreiben.

Bei zweihiebigen Feilen sind zwei Reihen sich kreuzender Parallelhiebe vorhanden (Fig. 485). Dadurch entsteht jene Theilung der breiten Zähne in mehrere schmale; und indem man der zweiten Hiebreihe

Fig. 485.



eine andere Neigung gegen die Feilenachse giebt als der ersten, wird jene Bedingung erfüllt, dass die Zähne nicht in Längsreihen angeordnet sein dürfen, welche der Bewegungsrichtung parallel sind. Bei der Anfertigung werden zuerst diejenigen Einschnitte angebracht, welche von oben rechts nach unten links laufen, wenn man die Feile quer vor sich hinlegt. Dieselben heissen Grundhieb oder Unterhieb und pflegen

mit der Mittellinie der Feile Winkel von ungefähr 52 beziehentlich 128 Graden zu bilden. Die durch den Unterhieb aufgeworfenen Kanten werden durch Schleifen etwas abgestumpft und dann die andere Reihe Einschnitte angebracht, welche Oberhieb oder Kreuzhieb genannt werden und mit der Mittellinie Winkel von etwa 70 beziehentlich 110 Graden einschliessen. Die Kanten des Oberhiebes bleiben scharf und bilden die eigentlichen Schneidkanten.

Wie bei den Sägen müssen die Abstände der Zähne von einander um so grösser sein, je weniger spröde das Metall ist, je längere Späne also entstehen. Andererseits aber können die Zähne um so grösser (der Hieb um so tiefer) sein, je grösser ihr Abstand ist; und je grösser die Zähne sind, desto stärkere Späne können genommen werden, desto mehr wird die Arbeit gefördert. Mit der Grösse und dem Abstande der Zähne von einander wachsen aber naturgemäss auch die Abstände zwischen je zwei von der Feile gezogenen Parallelschnitten auf der Oberfläche des Arbeitsstücks, und desto deutlicher erkennbar werden deshalb diese furchenartig neben einander hinlaufenden Einschnitte — Feilstriche genannt — erscheinen. Je genauer die Oberfläche daher bearbeitet werden soll, und je weniger erkennbar die Feilstriche sein dürfen, desto feiner und näher bei einander liegend müssen die Zähne der Feile sein; und man pflegt deshalb bei der Bearbeitung zuerst mit einer groben Feile zu schroppen und dann durch Schlichten mit allmälig feiner werdenden Feilen die Spuren des Schroppens wegzunehmen.

Um die Arbeit mit jenen gröberen Feilen noch mehr zu fördern, pflegt man ihnen etwas schärfere Schneidkanten als den zum Schlichten bestimmten zu geben. Nach Karmarsch setzt man bei dem Hauen jener den Meissel unter einem Winkel von 78 Graden gegen die Feilenoberfläche ein, bei den feinsten Feilen unter einem Winkel von 86 Graden.

Das Material zu den Feilen ist Tiegelgussstahl, nach dem Hauen gehärtet ohne angelassen zu werden, also glashart. Nur die ganz gröbsten Feilen werden aus Schmiedeeisen mit verstahlter Oberfläche gefertigt. Da die Feile an und für sich genug Steifigkeit besitzt, ist der bei der Säge erforderliche Bogen entbehrlich, und zur Handhabung dient ein hölzerner Griff, welcher über eine am Ende der Feile angeschmiedete spitzige Angel gesteckt wird. Damit diese schwächere Angel nicht in Folge der grossen Sprödigkeit des gehärteten Stahls abspringe, lässt man sie an, bevor man die neue Feile in Gebrauch nimmt, indem man sie mit dem glühend gemachten Maule einer Schmiedezange erfasst.

Ist die Feile durch längern Gebrauch stumpf geworden, so wird sie geglüht, die Zähne werden abgeschliffen und neue Zähne eingehauen (Aufhauen der Feilen), bis schliesslich die immer mehr abnehmende Stärke diesem erneuten Aufhauen ein Ziel setzt.

In der Mitte ihrer Länge sind die meisten Feilen ein wenig gebaucht, theils weil dort die grösste Gefahr hinsichtlich des Zerbrechens vorhanden ist, dann auch, weil die grösste Abnutzung in der Mitte statt-

findet, endlich, weil solche in der Mitte etwas stärkeren Feilen sich beim Härten weniger leicht krumm ziehen als ganz flache.

Nach der Grösse der Zähne und ihrem Abstande von einander unterscheidet man:

Groben Hieb (grobe Feilen, Armfeilen, Strohfeilen; letztere so genannt, weil sie in Stroh verpackt in den Handel kommen).

Mittelhieb (Bastardfeilen oder Vorfeilen).

Feinen Hieb (Schlichtfeilen und Feinschlichtfeilen).

Vorstehende Abstufungen sind jedoch relative Begriffe und von der Länge der Feilen abhängig. Während eine Feile von 500 Mm. Länge excl. der Angel schon zu den Schlichtfeilen gezählt zu werden pflegt, wenn sie auf 25 Mm. Länge 60 Oberhiebeinschnitte enthält, bedarf eine nur 100 Mm. lange Feile fast der doppelten Zahl Einschnitte, um als Schlichtfeile gelten zu können, und enthält als Feinschlichtfeile sogar mehr als 200 Einschnitte in derselben Länge; während eine Armfeile von 500 Mm. Länge oft nicht mehr als 20 Oberhiebeinschnitte auf 25 Mm. Länge aufweist, wird eine 100 Mm. lange Feile schon zu den Grobfeilen gezählt, wenn sich noch 60 Hiebe auf jener Länge befinden, u. s. f. Auch die Gewohnheiten der einzelnen Länder und selbst Fabriken sind häufig für die Classification entscheidend.

Auf 1 Qcm. Fläche bezogen ergiebt sich die Anzahl der Zähnchen
bei groben Feilen 60 bis 450 (je länger die Feile, desto geringer die Anzahl);
bei Bastardfeilen 160 bis 800.
bei Schlicht- und Feinschlichtfeilen 450 bis 6500.

Man sieht aus allen diesen Angaben, dass obige Begriffe ziemlich dehnbar sind und es unmöglich ist, eine scharfe Grenze zwischen den einzelnen Gattungen zu ziehen.

Weit zahlreicher und dennoch schärfer einzelne Sorten kennzeichnend sind die Benennungen der Feilen hinsichtlich ihrer äussern Form. In Folgendem mögen die wichtigsten derselben, welche für allgemeine Verwendung dienen, unter Benutzung einer von Karmarsch gegebenen Zusammenstellung kurz charakterisirt werden; eine grosse Anzahl nicht genannter Sorten dienen lediglich speciellen Zwecken (z. B. Uhrmacherfeilen, Goldarbeiterfeilen, Messerschmiedfeilen u. a.).

Viereckige oder vierkantige Feilen. Der Querschnitt ist quadratisch, alle vier Flächen sind gehauen. Zu dieser Sorte gehören die schon erwähnten Armfeilen, die gröbsten aller Feilen, 300 bis 600 Mm. lang, in der Mitte 25 bis 50 Mm. im Quadrate stark, nach beiden Enden hin verjüngt und vorn in eine Spitze auslaufend. Auch Bastard- und Schlichtfeilen von dieser Form und bis zu 75 Mm. Länge hinab finden Verwendung zur Ausarbeitung viereckiger Ausschnitte und Oeffnungen.

Flache Feilen, Ansatz- oder Handfeilen, mit rechteckigem Querschnitte, wenig gebaucht und fast in der ganzen Länge gleich breit. Die beiden breiten und eine schmale Seite sind gehauen, die zweite

schmale Seite ist dagegen ohne Hieb. Es ist diese Eigenthümlichkeit der Ansatzfeilen dadurch begründet, dass dieselben zum Ausfeilen rechtwinkliger Ansätze gebraucht werden, wobei die nicht gehauene Seite derjenigen Fläche des Arbeitsstücks zugekehrt ist, welche nicht beschädigt werden darf. Die meisten dieser Feilen sind Bastard- und Schlichtfeilen von 75 bis 400 Mm. Länge. Zur Bearbeitung weicher Metalle (Blei, Zinn, Zink) benutzt man einhiebige Feilen, deren Hieb weniger leicht durch die Späne jener Metalle verstopft wird. Dieselben werden Zinnfeilen genannt.

Spitzfeilen. Der Querschnitt ist ebenfalls rechteckig, die Form bauchig und vorn spitz zulaufend. Alle vier Seiten pflegen gehauen zu sein. Hierher gehören die grob gehauenen flachen Strohfeilen, in kleinen Grössen auch Bastard- und Schlichtfeilen.

Dreieckige oder dreikantige Feilen mit gleichseitig-dreieckigem Querschnitte, Hieb auf allen drei Flächen, vorn spitz zulaufend. Solche dreieckige Feilen kommen vorwiegend als Bastard- und Schlichtfeilen in kleinen Grössen vor, bisweilen werden jedoch auch grössere dreieckige Strohfeilen gebraucht. Ihre hauptsächliche Verwendung finden sie beim Ausfeilen spitzer Winkel. Wenn man den dreieckigen Feilen statt der scharfen Kanten schmale gebrochene Kanten giebt, welche einhiebig gehauen sind (so dass der Querschnitt durch ein Sechseck mit drei langen und drei kurzen Seiten gebildet wird), so nennt man sie Sägefeilen und benutzt sie zum Schärfen der Sägezähne.

Halbrunde Feilen. Der Querschnitt hat die Form eines Kreisabschnitts, dessen Bogen 90 bis 120 Grad gross zu sein pflegt; seltener ist ein Halbkreis oder ein Bogen von erheblich geringerer Grösse als 90 Grad. Feilen der letztern Art heissen wegen der geringen Krümmung flach-halbrunde Feilen. Beide Seiten der halbrunden Feilen sind gehauen; auf der gekrümmten Seite besteht der Hieb nicht wie auf ebenen Flächen aus durchlaufenden Linien, sondern aus einzelnen kürzeren Einschnitten; und bei Schlichtfeilen meistens nur aus dem Oberhiebe. Vorn endigen die halbrunden Feilen in eine Spitze. Man hat halbrunde Feilen in allen Abstufungen des Hiebes, vorwiegend jedoch mit Mittel- und feinem Hiebe und benutzt sie zum Ausfeilen concaver Flächen. Kleine halbrunde Feilen, bei denen nur die flache Seite gehauen, die runde platt ist, benutzt man zum Ausfeilen der Zähne an kleinen Rädern und nennt sie Wälzfeilen.

Runde Feilen mit kreisförmigem Querschnitte, in der Mitte gebaucht, vorn spitz. Der Hieb ist wie auf der gekrümmten Fläche der halbrunden Feilen nur aus einzelnen kurzen Einschnitten zusammengesetzt und bei Schlichtfeilen nur einhiebig. Grosse Rundfeilen (Strohfeilen) sind selten; ganz kleine werden Rattenschwänze genannt. Im Allgemeinen finden runde Feilen seltenere Verwendung als die halbrunden, und es beschränkt sich dieselbe auf das Ausfeilen runder Oeffnungen.

Sämmtliche Feilen dienen ausschliesslich als Werkzeuge für Handarbeit. Beim Gebrauche derselben wird das Heft mit der rechten Hand gehalten und die linke Hand drückt mit dem Ballen oder einzelnen Fingern bei der Vorwärtsbewegung auf das andere Ende, um den erforderlichen Druck und somit eine während des Schneidens ununterbrochen thätige geringe Schaltbewegung hervorzubringen. Beim leeren Rückgange lässt man natürlich die Feile leicht über die Arbeitsfläche hinweggleiten. Das Arbeitsstück wird dabei im Schraubstocke oder Feilkloben eingespannt. Beim Feilen ganz feiner Arbeiten in Stahl und Schmiedeeisen wendet man bisweilen Oel an, um glattere Flächen zu erzeugen. Das Oel setzt sich hierbei mit den feinen Spänchen in den Einschnitten des Hiebes fest und lässt nur die äussersten Spitzen der Zähnchen zum Angriffe kommen.

Unter den Werkzeugen des Metallarbeiters für Vollendung der Form bildet die Feile das am häufigsten benutzte. Ueberall, wo bei Bearbeitung von Flächen der Meissel zu unvollkommen, der Stichel zu langsam arbeitet; wo eine Werkzeugmaschine entweder nicht zur Verwendung steht oder die Gestalt der Flächen ihre Benutzung unthunlich erscheinen lässt; endlich auch in allen denjenigen Fällen, wo die Grösse des Arbeitsstücks oder der zu bearbeitenden Fläche und somit die für die Bearbeitung aufzuwendende Arbeit nicht mit dem immerhin unvermeidlichen Zeitverluste des Einspannens auf der Werkzeugmaschine im Verhältnisse steht, greift der Arbeiter zur Feile und vollendet in verhältnissmässig kurzer Zeit und mit grosser Sicherheit seine Aufgabe. Andererseits aber sind die Feilen unter allen Werkzeugen, welche an ihrer Stelle benutzt werden können, die kostspieligsten durch ihr Material, ihre Herstellung und verhältnissmässig rasche Abnutzung; und wo deshalb jene Gründe für Benutzung der Feile nicht vorhanden sind, insbesondere, wo grössere Flächen bearbeitet werden sollen, oder wo bei massenhafter Anfertigung gleicher Gegenstände die Einrichtung geeigneter Werkzeugmaschinen für Specialzwecke beträchtliche Ersparungen an Werkzeugmaterial, Zeit und Arbeit erwarten lässt, wird man die Feile bei Seite legen und billiger dabei arbeiten.

Dass für eine grosse Anzahl Vorkommnisse besonders die als Feilmaschine benannte Hobelmaschine die Feilarbeit in vorzüglicher Weise zu ersetzen im Stande ist, wurde schon bei Besprechung dieser Maschine hervorgehoben.

---

## Literatur über Feilen.

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, Bd. I, S. 345.
Hoyer, Mechanische Technologie, S. 350.

### e. Geräthe zum Drehen.

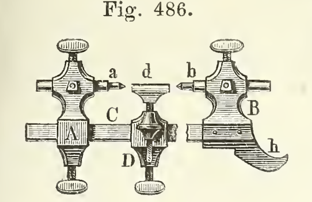
Wie der Ausdruck „Drehen" andeutet, findet bei den hierher gehörigen Arbeiten eine umlaufende Bewegung um eine Achse statt; und zwar macht in allen Fällen das Arbeitsstück diese als Drehung auftretende Hauptbewegung, das Werkzeug, welches in einem mit entsprechend geformter Schneidkante versehenen Stahle — Drehstahl oder Meissel genannt — besteht, die Schaltbewegung. Wird diese letztere parallel der Richtung der Drehungsachse des Arbeitsstücks ausgeführt, so entsteht ein Cylinder, dessen Halbmesser gleich dem Abstande der Schneidkante von der Drehungsachse ist, und man nennt diese Arbeit Runddrehen; erfolgt die Schaltbewegung in einer rechtwinklig die Drehungsachse schneidenden Ebene, den Stahl mehr und mehr der Achse näher führend, so entsteht eine ebene Fläche, welche gleichfalls rechtwinklig gegen die Drehungsachse gerichtet ist (Plandrehen); durch Combination beider Bewegungen, also indem das Werkzeug in einer durch die Drehungsachse gelegten Ebene nach einer sich derselben beliebig nähernden oder von derselben entfernenden Linie fortbewegt wird, entstehen Rotationskörper der mannigfachsten Art, deren Profil durch die Form jener Linie gegeben ist. Wird ein hohler Rotationskörper (Cylinder, Kegel etc.) an seiner Innenfläche durch entsprechende Führung des Werkzeugs, während sich der Körper um seine Achse dreht, bearbeitet, so heisst die Arbeit Ausdrehen. Endlich ist noch der Fall denkbar, dass auch während eines Umlaufs des Arbeitsstücks der Abstand des Werkzeugs von der Drehungsachse nicht constant bleibt, also z. B. eine Ellipse um die Achse beschrieben wird, wobei dann ein Körper entsteht, dessen Querschnitt nicht mehr kreisrund, sondern jener Bewegung entsprechend gestaltet ist; diese Art des Drehens heisst allgemein Passigdrehen und für jenen besondern Fall Ovaldrehen.

Bei allen hierher gehörigen Geräthen liegt die Drehungsachse horizontal, und ebenso erfolgt die Bewegung des Werkzeugs in horizontaler Richtung. Die Schaltbewegung geschieht nicht ruckweise nach einmaligem Umgange, sondern ununterbrochen so lange, bis das Werkzeug am Ende seiner Bahn auf der Bearbeitungsfläche angelangt ist; daher beschreibt die Spitze desselben eine Schraubenlinie beim Runddrehen, eine Spirale beim Plandrehen.

Das kleinste der zum Drehen dienenden Geräthe ist der von Uhrmachern und Mechanikern zum Runddrehen sehr kleiner Gegenstände benutzte **Drehstuhl**. Figur 486 zeigt eine Abbildung eines solchen in ungefähr $^2/_3$ der wirklichen Grösse. Auf dem prismatischen Stahl- oder Eisenstäbchen $C$ befinden sich die zwei „Docken" $A$ und $B$, die erste mit Hülfe einer Hülse verschiebbar und mit einer Klemmschraube zum Feststellen versehen, die andere mit dem Prisma fest verbunden und einen Ansatz $h$ tragend, vermittelst dessen der ganze Apparat in den Schraub-

stock eingespannt wird. Jede der beiden Docken trägt ein Stahlstäbchen mit conischer einander zugekehrter Spitze *a* und *b*; beide Stäbchen befinden sich in durchaus gleicher Höhe über dem Prisma, sind in entsprechenden Bohrungen der Docken in horizontaler Richtung verschiebbar und werden durch Klemmschrauben festgestellt. Zwischen beiden Spitzen wird das Arbeitsstück, welches zuvor an den entsprechenden Stellen mit dem Körner zwei schwache Grübchen erhalten hatte, eingeklemmt und die durch die Spitzen gelegte Linie bildet die Drehungsachse desselben. Es kommt also nun darauf an, die Drehung hervorzubringen. Zu diesem Zwecke versieht man das Arbeitsstück mit einem Schnurröllchen aus Messing oder Eisen, sei es, dass dieses mit einer Hülse über das Ende des Arbeitsstücks geschoben ist, oder dass es mit Loth oder Klebstoff an der Stirnseite des Arbeitsstücks befestigt wird; oder in anderer Weise. Um dieses Röllchen wird eine feine Schnur geschlungen — bei den feinsten Arbeiten ein Rosshaar, bei weniger feinen eine Darmsaite —, deren beide Enden in einem kleinen Bogen aus Fischbein, Rohr oder dergleichen befestigt sind. Durch Hin- und Herbewegung des Bogens mit der einen Hand wird demnach das Röllchen mit dem Arbeitsstücke abwechselnd vorwärts und rückwärts gedreht, während die andere Hand den Schneidstahl führt. Nur bei einer der beiden Drehungsrichtungen kann der Stahl schneiden; während der andern wird er zurückgezogen und der Rückgang findet leer statt.

Fig. 486.




Zwischen beiden Docken ist zur Unterstützung des Werkzeugs die „Auflage" *D* mit einer Hülse auf das Prisma aufgeschoben und durch eine Klemmschraube festgestellt. Dieselbe enthält die „Krücke" *d*, auf einem senkrechten Stifte befestigt, welcher in einer Bohrung des Gussstücks beweglich, mit Schraubengewinde versehen ist und mit Hülfe einer kleinen, vor Verschiebung gesicherten Schraubenmutter höher und niedriger gestellt werden kann.

Der Drehstuhl ist einfach in seiner Anordnung, beansprucht sehr wenig Platz, und ist deshalb besonders in solchen Werkstätten ein unentbehrliches Geräth, wo — wie z. B. in den meisten Uhrmacherwerkstätten — der Platz beengt ist, und es darauf ankommt, feine Dreharbeiten am Schraubstocke selbst auszuführen.

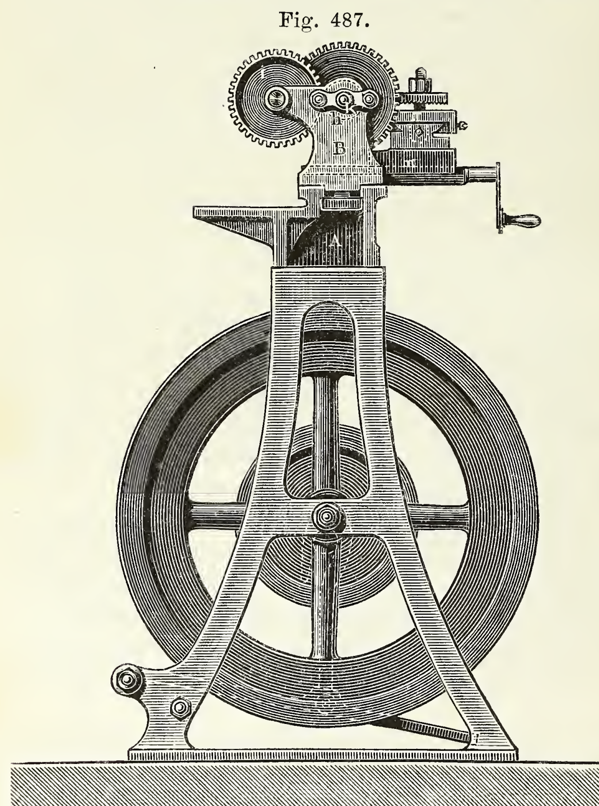
Von dem Drehstuhle unterscheidet sich die **Drehbank** im Wesentlichen dadurch, dass bei ihr die Hauptbewegung (Drehung) ununterbrochen in gleicher Richtung fortgeht, jene Pausen bei der Arbeit also in Wegfall kommen, welche beim Drehstuhl während des Rückgangs eintreten. Hierin liegt ein erheblicher Vortheil der Drehbank, welcher im Allgemeinen um so mehr Bedeutung erlangt, je grösser das zu drehende Stück ist; aber diese stetige Bewegung erfordert auch in der allereinfachsten Anordnung einen etwas weniger einfachen Mechanismus, in

Folge dessen die Drehbank kostspieliger wird und auch in kleinen Ausführungen etwas mehr Raum als jener beansprucht.

Wenn daher die Drehbank für jene feinsten Arbeiten nicht immer den Drehstuhl zu ersetzen im Stande ist, so bildet sie andererseits ein unentbehrliches Hülfsmittel in den weit zahlreicheren Fällen, wo Gegenstände gedreht werden sollen, deren Grösse der zarten Construction des Drehstuhls nicht mehr entspricht.

Auch auf der Drehbank werden beim Runddrehen die Arbeitsstücke zwischen zwei Spitzen wie beim Drehstuhle eingespannt; während aber bei letzterm — wenigstens bei dem oben abgebildeten — die Spitzen fest liegen und nur das Arbeitsstück sich zwischen ihnen dreht (todte Spitze), wird bei der Drehbank fast immer die eine der beiden Spitzen (d. h. der horizontalen Stäbchen mit conischer Spitze) gedreht und überträgt mit Hülfe eines sogenannten Mitnehmers, dessen Einrichtung unten ausführlicher besprochen werden wird, ihre Drehung auf das Arbeitsstück. Dadurch wird allerdings die Genauigkeit der Arbeit erschwert; denn jede kleine Aenderung der Spitzenlage bei der Drehung überträgt sich sofort auf das Arbeitsstück, und das geringste „Schlottern“ der Spitze in ihrem Lager hat eine excentrische Bewegung des Arbeitsstücks zur Folge. Wenn es deshalb auf sehr genaue Arbeit ankommt, werden auch bei den Drehbänken beide Spitzen festgestellt und die Bewegung von einer Rolle mit Hülfe des Mitnehmers auf das Arbeitsstück übertragen, welches sich zwischen den Spitzen dreht.

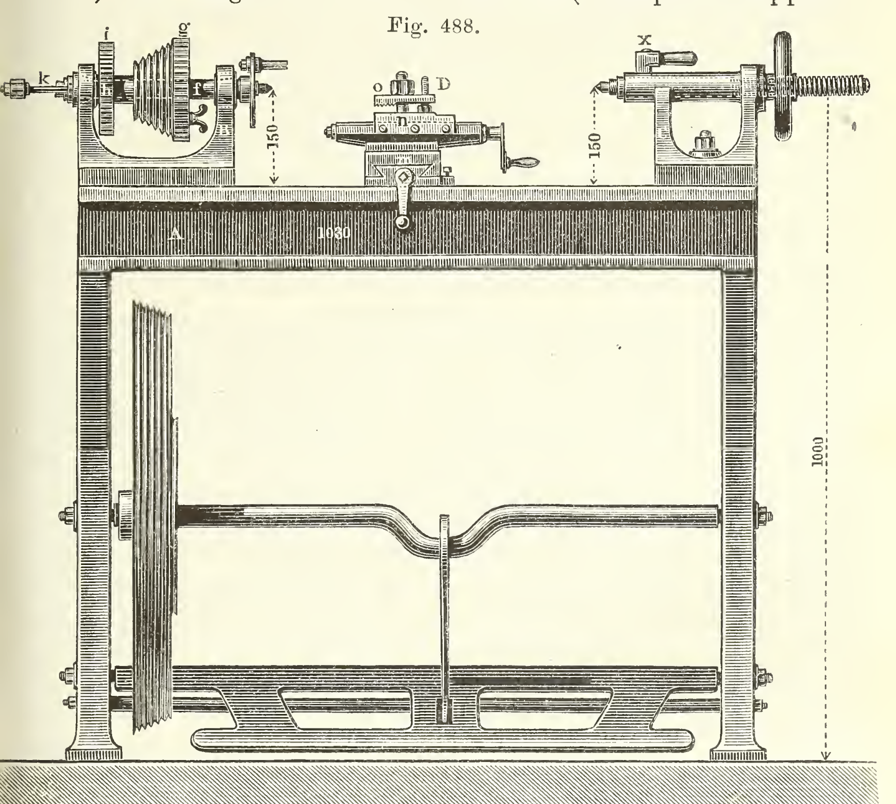
Fig. 487.




Bei den kleinsten Drehbänken wird wie bei dem Drehstuhle die Hauptbewegung durch die eine Hand des Arbeiters und zwar durch Drehung

einer Kurbel bewirkt, während die andere Hand die Schaltung des Werkzeugs ausführt; bei grösseren Drehbänken erfolgt die Hauptbewegung von einem Trittbrette aus, welches durch Schubstange und Kurbel eine Schnurrolle mit Schwungrad treibt, und es bleiben beide Hände zur Führung des Werkzeugs verwendbar (Fusstrittdrehbänke); bei noch grösseren, und diese bilden die Mehrzahl aller Drehbänke, erfolgt die Hauptbewegung von einer durch Elementarkraft betriebenen Transmission aus, die Bewegung des Werkzeugs entweder von Hand (Handsupportdrehbänke) oder häufiger durch die Maschine selbst (Leitspindelsupport-

Fig. 488.




drehbänke und Zahnstangensupportdrehbänke, je nachdem die Uebertragung durch diesen oder jenen Mechanismus ausgeführt wird).

Jede Drehbank enthält folgende Haupttheile (vergl. Fig. 487 und 488, eine Fusstrittdrehbank aus der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik darstellend):

Das Bett $A$, aus zwei gusseisernen Wangen bestehend, welche an den Stirnseiten und bei grösseren Drehbänken auch zwischen denselben in entsprechenden Abständen durch Querstücke verbunden und mit diesen in einem Stücke gegossen sind. Die oberen Flächen des Betts sind glatt

gehobelt, mit den unteren ruht es auf gusseisernen Füssen, die bei sehr grossen Drehbänken durch einen gemauerten Untersatz ersetzt werden. Bei den kleinsten Drehbänken ist das Bett durch einen prismatischen gusseisernen Stab ersetzt, ganz so geformt wie bei den Drehstühlen, welcher in zwei auf den Füssen befestigten Lagern ruht, und auf welchem die übrigen für die Bewegung des Arbeitsstücks und Unterstützung des Werkzeugs dienenden Drehbankstheile ebenso aufgeschoben sind, als es bei den Drehstühlen beschrieben wurde. Solche Drehbänke heissen Prismadrehbänke.

Auf dem Bette befinden sich zunächst die beiden Docken *B* und *C*. Diejenige derselben, welche sich zur linken Seite des vor der Drehbank stehenden Arbeiters befindet (*B*), trägt eine horizontale kurze Welle, die Drehbankspindel oder kurz Spindel genannt, auf welcher die für den Antrieb dienende Stufenscheibe oder Schnurrolle befestigt ist; und man nennt deshalb diese Docke Spindeldocke, Spindelkasten oder Spindelstock. Die rechts von dem Arbeiter befindliche Docke, zur Aufnahme eines kurzen mit conischer Spitze versehenen cylindrischen oder prismatischen Stabes, welcher Reitnagel oder Pinne genannt wird, dienend, heisst Spitzdocke oder Reitstock.

Damit die Spindel in der Docke *B* eine durchaus feste Auflagerung erhalte, besteht die letztere aus zwei in einem Stücke gegossenen Lagerböcken mit Metalllagern, in welchen die abgedrehten Enden der Spindel ruhen; und zwischen beiden Lagern in der Mitte befindet sich die Scheibe für den Antrieb. Eine Stufenscheibe ist erforderlich, um für die verschiedenen Durchmesser der Arbeitsstücke die geeignetste Umfangsgeschwindigkeit einrichten zu können; gewöhnlich bringt man in der schon früher (Seite 563) geschilderten Art und Weise neben der Stufenscheibe zwei Paar Getriebe an, um die Umdrehungszahl der Spindel noch veränderlicher zu machen. Auch die abgebildete Drehbank enthält diese Einrichtung. Auf der Drehbankspindel *f* befindet sich einestheils das Stirnrad *g*, fest mit ihr verbunden, und daneben, drehbar auf *f*, die Stufenscheibe mit langer Nabe, auf welcher ein Getriebe *h* festsitzt. Parallel mit der Drehbankspindel ist eine kurze Welle in dem Spindelstocke gelagert, welche ein mit *h* im Eingriffe stehendes Zahnrad *i* und ein mit *g* zusammen greifendes, in der Abbildung nicht ersichtliches Getriebe trägt. Das Rad *g* lässt sich durch eine Schraube mit Flügelmutter mit der Stufenscheibe in feste Verbindung setzen und wird dann die Bewegung der letztern ohne Weiteres auf die Spindel übertragen, während das Rad *i* mit dem dahinter liegenden Getriebe durch eine Verschiebung ihrer Welle ausser Eingriff gebracht werden; wird aber die Verbindung zwischen Stufenscheibe und Rad *g* durch Herausnehmen des Schraubenbolzens gelöst und die Zwischenräder eingerückt, so wird die Bewegung erst durch der letzteren Vermittelung auf das Rad *g* und die Drehbankspindel übertragen, mithin die Bewegung verlangsamt. Die Spindel wird aus Schmiedeeisen oder Stahl gefertigt und sorgfältig ge-

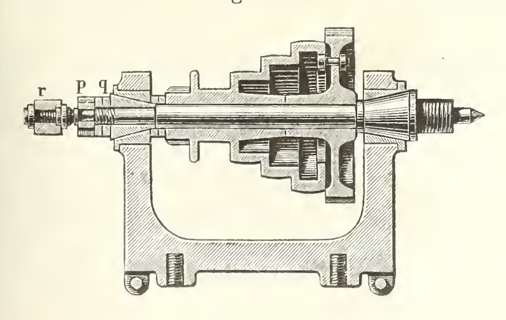
dreht. Das rechte Ende derselben, Spindelkopf genannt, ragt um einige Centimeter aus der Docke hervor und trägt einen kurzen, mit Gewinde genau centrisch eingeschraubten Stahlkegel, die Spitze, der schon erwähnten zweiten Spitze des Reitstocks zugekehrt und mit ihr genau in gleicher Achsenrichtung und Höhenlage über der Oberkante des Betts. Dieser Abstand zwischen Bettoberkante und der durch beide Spitzen gehenden geraden Linie bestimmt den Halbmesser, welchen das grösste auf der Drehbank zu drehende Arbeitsstück besitzen kann und heisst Spitzenhöhe. Der Spindelkopf ist an seiner Aussenfläche mit Schraubengewinde versehen und auf demselben ist eine Scheibe oder ein Arm mit einem parallel der Drehbanksachse gerichteten schmiedeeisernen Stifte aufgeschraubt (vergl. Fig. 488), welcher als Mitnehmer für das Arbeitsstück dient, indem er hinter einen angegossenen (angeschmiedeten etc.) oder einen besonders zu diesem Zwecke aufgesteckten Knaggen desselben greift.

Soll die Drehbank zum Plandrehen benutzt werden, d. h. zur Herstellung einer grössern senkrechten und gegen die Achsenrichtung der Drehbank rechtwinklig gerichteten Ebene, wobei das Einspannen zwischen Spitzen gewöhnlich nicht mehr thunlich ist, so wird an Stelle dieser Mitnehmerscheibe eine grössere, zum Aufspannen des Arbeitsstücks dienende Scheibe auf den Spindelkopf aufgeschraubt, welche Planscheibe genannt wird und weiter unten ausführlicher besprochen werden soll. Die Planscheibe dient ausserdem zur Befestigung beim Runddrehen solcher Arbeitsstücke, deren Durchmesser gross, deren Länge in der Achsenrichtung kurz ist, z. B. Rädern u. dergl.

Um jeder Verschiebung der Drehbanksspindel nach links vorzubeugen, durch welche das eingespannte Arbeitsstück seinen Halt verlieren würde, ist an der linken Seite der Spindeldocke ein Bügel *k* mit Druckschraube angebracht, welche mit stumpfer Spitze gegen das Spindelende drückt.

Die Spindellager sind bei vielen Drehbänken wie gewöhnliche Zapfenlager construirt und werden durch aufgeschraubte Deckel in der Docke festgehalten, wobei jedoch beim Auslaufen der Lagerschalen leicht ein Schlottern der Spindel eintritt. Grössere Sicherheit für das Rundlaufen des Arbeitsstücks giebt daher die in Fig. 489 in grösserm Maassstabe abgebildete Construction einer Spindeldocke. Beide Lagerzapfen der Spindel sind conisch, und zwar ist der rechte ohne Weiteres conisch angedreht, der linke dagegen mit einer aufgesteckten, aussen conischen Hülse versehen, weil es sonst unmöglich sein würde, die

Fig. 489.



Spindel in die Docken und Lagerschalen hineinzubringen, welche hier nicht wie gewöhnliche Lager getheilt und mit Deckel versehen sind, sondern aus ganzen Stücken bestehen. Durch eine Mutter *q* wird das Zurückgehen des übergeschobenen Conus verhindert und derselbe so fest in das conische Lager hineingedrückt, dass jedes Schlottern der Spindel unmöglich wird. *p* ist ein kleines Getriebe, um eine selbstthätige Schaltung auf das Werkzeug zu übertragen; *r* der oben erwähnte Steg mit Druckschraube.

Der dem Spindelstocke gegenüberstehende Reitstock *C*, Fig. 488, besteht aus einer gusseisernen ausgebohrten Hülse, in welcher der Reitnagel in wagerechter Richtung verschoben werden kann, mit angegossenem Fusse. Der Reitnagel passt genau in jene Bohrung hinein und wird durch Drehung eines Handrads vor- und rückwärts bewegt, um das Arbeitsstück einspannen oder losnehmen zu können. Bei dem abgebildeten Reitstocke ist die nach dem Ende der Drehbank zugekehrte Hälfte des Reitnagels mit Schraubengewinde und die Nabe des Handrädchens mit Muttergewinde versehen; bei einer andern gebräuchlichen Einrichtung ist der Reitnagel hohl und trägt eine Schraubenmutter, während das Handrad auf dem Ende einer Schraubenspindel befestigt ist, deren Drehung die Horizontalbewegung des Reitnagels bewirkt. Selbstverständlich muss in beiden Fällen das Handrad durch einen an seiner Nabe vorstehenden Rand mit übergreifendem, am Reitstocke befestigtem Deckel, welcher seine Drehung nicht behindert, vor geradliniger Fortbewegung geschützt sein. Eine Klemmschraube *x* verhindert während der Arbeit ein selbstthätiges Zurückgehen des Reitnagels. Die Stahlspitze des Reitnagels ist bei der abgebildeten Drehbank mit Schraubengewinde in demselben befestigt.

Um Arbeitsstücke von verschiedener Länge zwischen den Spitzen einspannen zu können, lässt sich der Reitstock in der Achsenrichtung der Drehbank verschieben (wobei ihm durch Führungsleisten seine richtige Stellung gewahrt bleibt) und wird durch eine Schraube, deren breiter Kopf unter angegossene Leisten der Wangen greift oder in ähnlicher Weise in der geeigneten Stellung festgehalten, während die Spindeldocke naturgemäss ihren der Bewegungsübertragung entsprechenden Platz unverändert beibehält.

Es bedarf kaum einer Erwähnung, dass der Reitstock entbehrlich wird, wenn die Drehbank zum Plandrehen benutzt werden soll. Man nennt Drehbänke wie die abgebildete, welche vorzugsweise zum Runddrehen zwischen Spitzen bestimmt sind, Spitzendrehbänke, solche, die ausschliesslich oder doch hauptsächlich zum Plandrehen bestimmt sind, bei denen also der Reitstock fehlt oder doch nur ausnahmsweise benutzt wird, Plandrehbänke, solche endlich die ebensowohl zum Plan- als Runddrehen benutzt werden können, Plan- und Spitzendrehbänke oder combinirte Drehbänke.

(Zu Seite 643.)

# Spitzendrehbank mit Leitspindel für selbstthätige Schaltung.

Fig. 490.

Fig. 491.

Fig. 492.

Fig. 493.

Zwischen beiden Docken oder bei Planscheibendrehbänken neben der Spindeldocke befindet sich als dritter Hauptheil jeder Drehbank der Support oder Werkzeughalter *D*. Bei den kleinsten Drehbänken ist derselbe durch eine krückenförmige Auflage oder Vorlage ersetzt, ähnlich wie sie bei dem Drehstuhle beschrieben wurde, nur als Unterstützung für das, übrigens in freier Hand geführte, Werkzeug dienend; bei der abgebildeten Drehbank ist das Werkzeug fest eingeklemmt und auf Schlitten in zwei Richtungen in horizontaler Ebene von Hand beweglich. Auf dem Bette ruht zunächst der langgestreckte Fuss *l* des Werkzeughalters, zum Verschieben eingerichtet und durch eine Schraube, deren nach unten stehender breiter Kopf in Fig. 487 zu sehen ist, auf dem Bette festgehalten. Der Bolzen der soeben erwähnten Schraube dient zugleich als Drehungsachse, um den Fuss auch im Winkel gegen die Achsenrichtung der Drehbank anstellen zu können, wobei dann natürlich auch die Bewegungsrichtung des Werkzeugs unter entsprechendem Winkel erfolgt; und zwei kleinere Schrauben, deren eine in Fig. 488 zu sehen ist, bewirken erst nach erfolgter richtiger Einstellung des Fusses das Festklemmen desselben. Auf dem Fusse gleitet in Prismenführung der Schlitten *m*, durch Schraubenmutter und Spindel bewegt, welche letztere in dem Fusse gelagert ist und durch eine Handkurbel gedreht wird. In dem obern mit starker seitlicher Ausladung versehenem Theile des Schlittens *m* ist eine zweite Schraubenspindel mit Handkurbel befestigt, welche den gleichfalls in Prismenführungen gleitenden zweiten Schlitten *n* in einer normal gegen die Bewegungsrichtung von *m* gekehrten Richtung bewegt. In den meisten Fällen wird der Fuss *l* so eingestellt sein, dass *m* genau rechtwinklig, *n* parallel zu der durch die Drehbanksachse gelegten Verticalebene geführt ist. Solche Supporte mit zwei rechtwinklig gegen einander in Horizontalebenen verschiebbaren Schlitten werden allgemein „Kreuzsupporte" genannt. Auf *n* befindet sich endlich der Deckel *o*, durch eine starke Druckschraube auf den zwischen Deckel und Schlitten gesteckten Drehstahl gepresst und an seiner Unterseite mit Zähnchen versehen, um den Stahl desto sicherer festzuhalten.

Die Bewegung der abgebildeten Drehbank erfolgt von dem Trittbrette aus, welches durch eine einfach geformte Zugstange die gekröpfte horizontale Welle betreibt, auf welcher das hinreichend schwer construirte, zugleich als Schwungrad dienende Schnurrad befindlich ist. Von hier aus wird die Bewegung auf die schon erwähnte kleinere Schnurrolle (Wirtel) der Drehbanksspindel übertragen.

Zur Erläuterung der Einrichtung einer grössern Spitzendrehbank mit selbstthätiger Schaltung können die in den Figuren 490 bis 493 gegebenen Abbildungen dienen [1]). Der Antrieb geschieht hier von einer Deckentransmission aus auf die Stufenscheibe *c* und von dieser aus wieder, je nach-

[1]) Hart, Werkzeugmaschinen, Taf. 5.

dem das Arbeitsstück grösser oder kleiner im Durchmesser ist, entweder direct auf die Drehbanksspindel, nachdem das auf derselben festsitzende Rad *i* mit *e* gekuppelt worden ist; oder für langsamen Gang durch Uebertragung vermittelst der Räder *f*, *g*, *h* auf *i*. Die Ausrückung der Bewegung für langsamen Gang geschieht hier nicht, wie bei der früher beschriebenen Maschine durch Verschiebung der Räder in der Achsenrichtung, sondern in folgender Weise. Die Welle der Räder *g* und *h* ist hohl und steckt drehbar auf einer Spindel mit excentrischen Zapfen. Der eine dieser beiden Zapfen endigt in einem aus dem Lager vorstehenden Vierkant, welches mit Hülfe eines übergesteckten Schlüssels gedreht werden kann. In Folge der Excentricität der Zapfen aber macht bei der Drehung des Zapfens die Welle sammt den Rädern eine Bogenbewegung, und bei einer Drehung um 180 Grade werden die Räder völlig ausser Eingriff kommen, sobald die Excentricität der beiden Mittellinien etwas mehr als die Hälfte des Zahneingriffs beträgt.

Die auf dem Spindelkopfe sitzende Mitnehmerscheibe, welche beim Plandrehen durch eine Planscheibe ersetzt wird, zeigt keine Abweichung gegen die früher beschriebene. Der Reitstock dagegen steht nicht unmittelbar auf dem Bette, sondern auf einem mit Querführungen versehenen Untertheile $l_1$ und ist mit Schraubenspindel und Mutter versehen, um eine Verstellung in der Querrichtung der Drehbank erleiden zu können. Eine solche Verstellung, durch welche natürlich der Reitnagel sammt Spitze ausserhalb der Drehbanksachse zu liegen kommt und durch welche demnach auch die Drehungsachse des Arbeitsstücks in eine gegen die Achsenrichtung der Drehbank schräge Lage gebracht wird, ermöglicht es, die Drehbank zum Abdrehen conischer Arbeitsstücke zu verwenden, während die Schaltung des Werkzeugs parallel der Drehbanksachse vor sich geht.

Zur Schaltung des Werkzeugs dient die an der vordern Seite der Drehbank gelagerte, mit Schraubengewinde versehene Leitspindel *m*. Dieselbe empfängt ihre Bewegung von der Drehbanksspindel aus in folgender Weise. Auf einer Verlängerung der letztern sitzt die kleine Stufenscheibe *n*, welche durch einen Riemen mit der am Fusse der Drehbank befindlichen grössern Stufenscheibe *o* verbunden wird. Auf der langen Nabe dieser Scheibe *o* sitzt ein kleines Getriebe *p* (Fig. 492), welches mit einem zweiten Rade *q* und durch dessen Vermittelung mit einem dritten Rade $q_1$ von gleicher Grösse als *q* im Eingriffe steht. Auf dem Ende der Leitspindel sitzt das Rad *r* mit gleicher Zahntheilung als *q* und $q_1$. Die kurzen Wellen der Riemenscheibe *o* wie der Räder *q* und $q_1$ sind in einem Hebelstücke *s* gelagert, welches um einen zwischen *q* und $q_1$ befindlichen, an dem Bette der Maschine befestigten Bolzen schwingen kann. Durch eine am obern Ende des Hebels befindliche horizontale Schiene mit Handgriff kann derselbe um jenen Bolzen gedreht und mit Hülfe von drei Einschnitten in der Schiene und einem Stellstifte in drei verschiedenen Lagen festgestellt werden. Stellt man auf dem rechten

Einschnitte ein, so kommt das untere Rad $q$ mit $r$ in Eingriff und $q_1$ geht leer; stellt man auf dem linken Einschnitte ein, so kommt das obere Rad $q_1$ mit $r$ in Eingriff und die Leitspindel erhält entgegengesetzte Drehung als im ersten Falle; stellt man endlich auf dem mittleren Einschnitte ein, wie in der Abbildung, so sind beide Räder ausgerückt, und die Leitspindel steht still.

In anderer Weise kann eine Bewegungsübertragung auf die Leitspindel durch Wechselräder bewirkt werden, deren Achsen in dem an dem Lager der Leitspindel drehbar befestigten Bügel $r_1$ festgeschraubt werden. An Stelle der kleinen Stufenscheibe auf der Drehbanksspindel wird dann ein kleines Getriebe aufgesteckt, welches die Wechselräder und vermittelst dieser das Zahnrad $r$ der Leitspindel treibt. Durch Auswechselung der Räder lässt sich natürlich jedes beliebige Uebersetzungsverhältniss zwischen Drehbanksspindel und Leitspindel einrichten. Man benutzt diese Vorrichtung zum Gewindeschneiden auf der Drehbank, auf welches wir bei Beschreibung der Schraubenanfertigung im speciellen Theile zurückkommen werden.

Die Leitspindel trägt nun das Kegelrad $w$ mit langer Nabe, Figur 491, welche eine die Leitspindel umschliessende Schraubenmutter bildet und in einem mit dem Untertheile des Supports verbundenen Lager sich dreht. Das Rad $w$ greift in ein zweites Kegelrad $x$, Fig. 493, welches die empfangene Bewegung durch zwei Stirnräder $y$ und $z$ auf eine im Untertheile des Supports gelagerte, quer gegen die Drehbanksachse gerichtete Schraubenspindel überträgt. Das Kegelrad $w$ kann durch eine Klemmschraube $w_1$ auf der Leitspindel, und die Welle der Räder $x$ und $y$ kann durch die Klemmschraube $x_1$ in dem kleinen zugehörigen Lagerstuhle festgehalten werden. Zieht man die Schraube $x_1$ an und löst $w_1$, so wird durch die Feststellung des Rades $x$ auch die Drehung des Rades $w$ unmöglich gemacht, letzteres wirkt lediglich als Schraubenmutter und führt demnach den Support bei der Drehung der Leitspindel in der Längenrichtung vorwärts. Wie sich aus Fig. 493 ergiebt, gleitet hierbei der Support auf gehobelten Führungen der Drehbankswangen. Löst man dagegen die Schraube $x_1$ und dreht $w_1$ fest, so muss das Rad $w$ die Drehungen der Spindel mitmachen, ohne sich auf derselben verschieben zu können, überträgt diese Drehung auf die Räder $x$, $y$ und $z$ und bewirkt somit durch Bewegung des auf dem Fusse des Supports gleitenden Schlittens $t_1$ Schaltung in der Querrichtung, wie sie für das Plandrehen erforderlich ist.

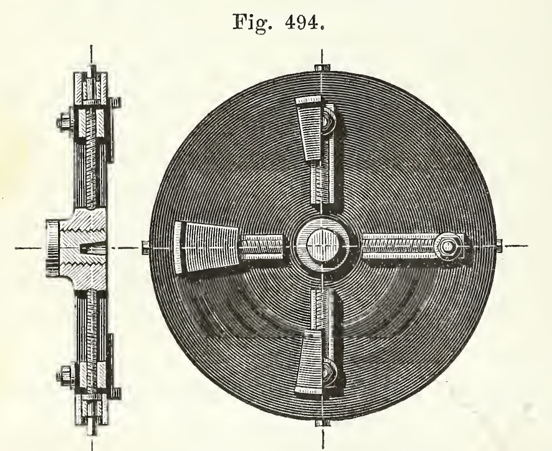
Auf den beiden erwähnten, selbstthätig bewegten Supporttheilen befindet sich noch ein Drehstück $u$ zur Verstellung des Werkzeugs in schräge Lage; auf diesem ein Handkreuzsupport für Längs- und Querbewegung, aus den beiden Schlitten $v$ und $v_1$ bestehend und zur genauen Einstellung des Drehstahls dienend; und endlich der zweitheilige Deckel mit Klemmenschrauben zum Festspannen des Stahls.

Wie sich aus den Figuren 490 und 491 ergiebt, ladet der Fuss $t$ des Supports an beiden Seiten breit aus und ist an der freiliegenden Oberfläche links und rechts vom Schlitten $t_1$ mit parallelen Quernuthen versehen. Diese Einrichtung findet Benutzung, wenn die Drehbank zum Bohren statt zum Drehen dienen soll, eine Anwendung derselben, welche bei Besprechung der Bohrmaschinen ausführlichere Erwähnung finden wird.

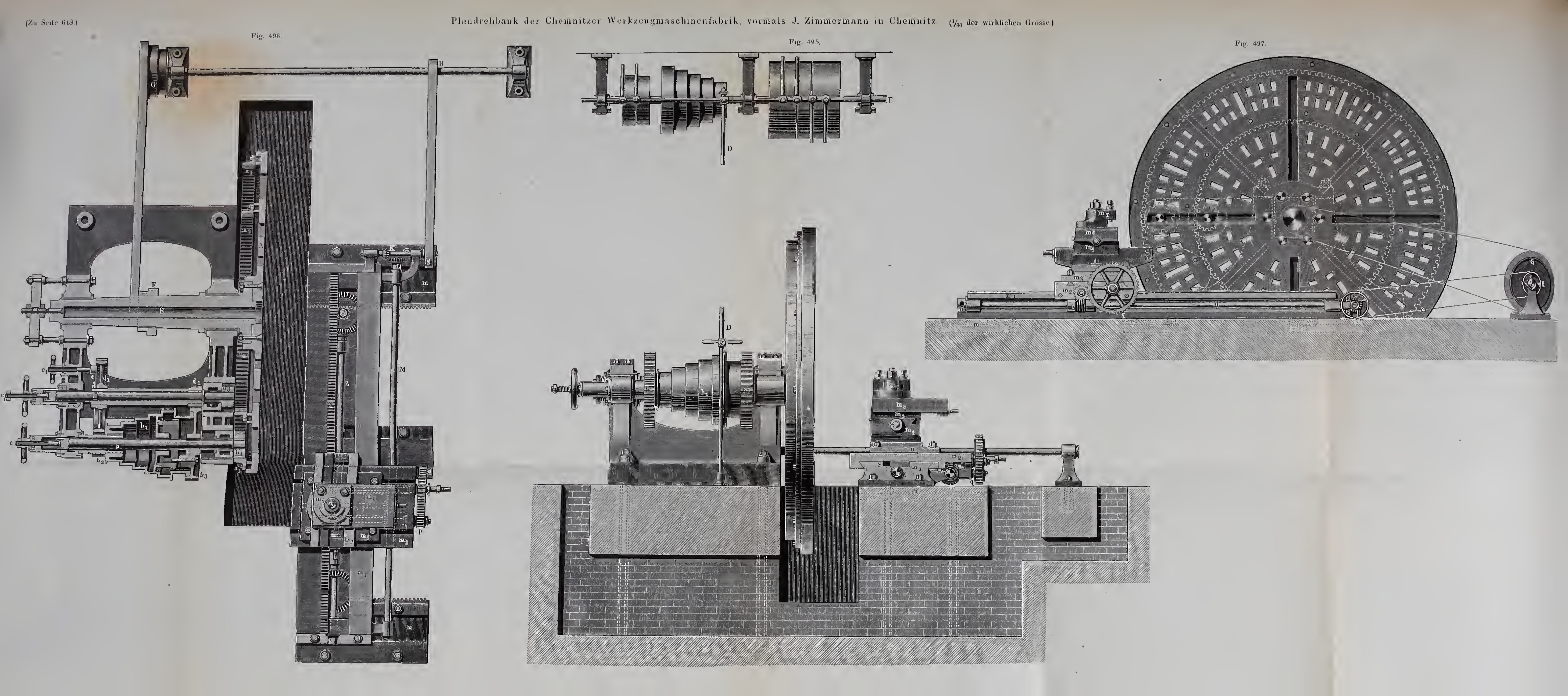
Zum Zurückführen des Stahls nach beendigtem Durchgange dient der oben beschriebene Mechanismus für die Bewegungsumkehr der Leitspindel; soll der Rückgang dagegen leer und demnach rasch stattfinden, so bewirkt man die Zurückführung des Supports in der Längsrichtung durch Drehung der Welle des Rädchens $y$ mittelst einer auf die vierkantige Verlängerung derselben aufgesteckten Handkurbel, nachdem die Klemmschrauben $x_1$ und $w_1$ gelöst worden sind; leerer Rückgang beim Plandrehen kann durch die in gleicher Weise ausgeführte Drehung der Schraubenspindel $z_1$ erzielt werden, nachdem das Rad $y$ durch Verschiebung in seiner Achsenrichtung ausser Eingriff mit $z$ gebracht worden ist.

Die mehrfach erwähnte Planscheibe, welche auf den Spindelkopf der beiden abgebildeten Drehbänke statt der Mitnehmerscheibe aufgeschraubt wird, wenn ebene Flächen oder auch solche Gegenstände rund gedreht werden sollen, welche bei verhältnissmässig grossem Durchmesser geringe Länge besitzen — Riemenscheiben, Räder u. a. —, besteht aus einer gegossenen, kreisrunden, glatt bearbeiteten Scheibe mit einer Anzahl theils länglicher, radial gerichteter, theils einfach quadratischer, durchgehender Oeffnungen, um Klammern oder Schraubenbolzen zur Befestigung des Arbeitsstücks hindurchzustecken. Eine sehr häufig angewendete Einrichtung der Planscheibe, um Gegenstände von verschieden grossem Durchmesser mit Leichtigkeit aufzuspannen und festzuhalten, zeigt die in Fig. 494 abgebildete, welche den Namen Universal-Planscheibe führt. In vier radialen, unter Winkeln von 90 Graden gegen einander gerichteten Schlitzen sind ebenso viele Schraubenspindeln gelagert, deren vierkantig geschmiedete Enden ein wenig über dem Umfang der Planscheibe vorstehen. Jede Spindel trägt eine Schraubenmutter mit einem an der Aussenfläche der Planscheibe vorstehenden, stählernen Winkel, dessen dem gegenüberliegenden Winkel zugekehrte zum Erfassen des Arbeitsstücks dienende Fläche zum bessern Festhalten

Fig. 494.



Plandrehbank der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik, vormals J. Zimmermann in Chemnitz. ($^1/_{30}$ der wirklichen Grösse.)



feilenartig rauh gemacht ist. Durch Drehung der Schraubenspindeln können sämmtliche Winkel entsprechend der Grösse des Arbeitsstücks in beliebigen Abstand vom Mittelpunkte gebracht und durch Näherung wie die Backen eines Schraubstocks gegen das Arbeitsstück gepresst werden.

Die Planscheiben für Spitzendrehbänke sind gewöhnlich nur zum Abdrehen kleinerer Gegenstände, deren Halbmesser nicht grösser als die Spitzenhöhe ist, bestimmt. In manchen Fällen jedoch, insbesondere auch für solche Werkstätten, deren Betrieb nicht umfangreich genug ist, um eine grössere Zahl verschieden eingerichteter Drehbänke aufzustellen, kann es zweckmässig sein, wenn man im Stande ist, eine Spitzendrehbank auch mit einer grössern Planscheibe — 600 Mm. und darüber — zu versehen. Ist nun in solchem Falle die Spitzenhöhe kleiner als der Planscheibenhalbmesser — so dass bei der bisher besprochenen Drehbanksconstruction die Planscheibe nicht Raum haben würde —, so hilft man sich, indem man dem Drehbanksbette unmittelbar vor der Spindeldocke eine U-förmige Kröpfung von solcher Tiefe giebt; dass sich innerhalb derselben die Planscheibe frei drehen kann.

Für Drehbänke mit Planscheiben, deren Durchmesser beträchtlich grösser als 1 M. ist, und welche demnach zum Drehen von grossen und schweren Arbeitsstücken benutzt werden sollen, macht sicht dagegen in Folge der durch diese Eigenschaften der Arbeitsstücke bedingten grösseren Abmessungen aller betreffenden Drehbankstheile eine geänderte Anordnung erforderlich. Statt der Füsse, welche bei der grössern Dockenhöhe ohnehin entbehrlich werden, dient ein gusseiserner, auf gemauertem Fundamente verankerter Rahmen zum Tragen der Drehbankstheile. Soll die Drehbank zum Plan- und Runddrehen benutzt werden und demzufolge mit Reitstock versehen sein, so stellt man die Spindeldocke ohne Weiteres auf diesen Rahmen, den Reitstock und Support dagegen auf ein Bett, welches sich gewöhnlich in der Achsenrichtung der Drehbank verschieben lässt und demzufolge in Führungen gleitet, um erforderlichen Falls den Raum vor der Planscheibe vergrössern zu können.

Da jedoch mit der Grösse der Planscheibe auch die Breite des Betts und Supports zunehmen muss, wenn das Werkzeug im Stande sein soll, vor der ganzen Hälfte der sich drehenden Planscheibe vorbeizugehen, so würde für sehr grosse Planscheibenhalbmesser eine Anordnung in der soeben beschriebenen Weise äusserst schwerfällig ausfallen. Dieselbe lässt sich dagegen erheblich vereinfachen, wenn man davon absieht, die Drehbank auch zum Spitzendrehen zu benutzen, und es entsteht hierdurch die Einrichtung der eigentlichen Plandrehbänke. Der Reitstock kommt gänzlich in Wegfall: statt des in der Achsenrichtung der Drehbank liegenden Betts erhält die Drehbank ein Querbett, auf welchem der Support parallel zur Ebene der Planscheibe vor derselben hindurchgeführt wird; in einzelnen Fällen dient statt des Betts eine einfache Bodenplatte mit Führungen, auf welchen beim Drehen der grössten Stücke der

ganze Support von Hand verschoben wird, während bei geringerm Durchmesser der Arbeitsstücke die Bewegung seines Querschlittens allein ausreichend ist, das Werkzeug vorbeizuführen.

Eine grosse Plandrehbank aus der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik (vormals J. Zimmermann) ist in Fig. 495 bis 497 abgebildet.

Die grosse, mit zahlreichen Oeffnungen zur Befestigung des Arbeitsstücks versehene Planscheibe $A$ sitzt auf der hohlen gusseisernen Welle $B$, welche in dem Spindelstocke, dessen Form in Fig. 497 punktirt gezeichnet ist, in der aus Fig. 496 ersichtlichen Art gelagert und vor Verschiebung gesichert ist. An der dem Spindelstocke zugekehrten Seite der Planscheibe sind zwei concentrische Zahnkränze $a_1$ und $a_2$ mit nach innen gerichteten Zähnen angeschraubt, welche die Bewegung der Planscheibe mit verschiedenen Geschwindigkeiten in folgender Weise vermitteln. Seitlich von der Planscheibenwelle ist die horizontale Antriebswelle $b$ gelagert, auf welcher die Stufenscheibe $b_1$ nebst dem Getriebe $b_2$ drehbar aufgeschoben, das Stirnrad $b_3$ und das Getriebe $b_4$ befestigt sind. Die Welle $b$ ist an ihrem linken Ende mit einer Schraubenspindel derartig verbunden, dass sich $b$ frei drehen kann, während die Schraubenspindel durch einen Längskeil vor eigener Drehung gesichert ist, wohl aber eine Verschiebung in der Achsenrichtung erfährt, sobald das mit Muttergewinde versehene Handrad $c$ gedreht wird. Jede geradlinige Verschiebung der Schraube wird auf die Welle $b$ und durch diese auf die Räder $b_3$ und $b_4$ übertragen, während die Stufenscheibe $b_1$ und das Getriebe $b_2$, deren Naben lose auf $b$ sitzen, in ihrer Lage nicht dadurch beeinflusst werden.

Parallel mit $b$ zwischen derselben und der Planscheibenwelle befindet sich die Welle $d$, auf derselben eine zweite hohle Welle verschiebbar mit den Rädern $d_1$ und $d_2$; ferner mit ihr verbunden das Getriebe $d_3$. Die Welle $d$ ist durch eine gleiche Einrichtung als $b$ verschiebbar gemacht, wobei das Getriebe $d_3$ mitgenommen wird, während die Räder $d_1$ und $d_2$ mit Hülfe eines Mitnehmers $e$ und Handrädchens $e_1$ selbstständig auf der Welle $d$ verschoben werden können.

Hierdurch sind drei verschiedene Räderübersetzungen für die Bewegung der Planscheibe möglich. Wenn das Rad $b_3$ mit der Stufenscheibe $b_1$ gekuppelt, $d_1$ und $d_2$ mit Hülfe des Handrädchens $e_1$ ausgerückt werden, so wird die Bewegung der Stufenscheibe unmittelbar auf die Welle $b$ und durch das Getriebe $b_4$ auf den grössern Zahnkranz $a_1$ übertragen; also findet eine einmalige Uebersetzung $\frac{b_4}{a_1}$ statt.

Wenn $b_3$ ohne feste Verbindung mit $b_1$ ist, das Getriebe $b_2$ mit $d_1$ und $d_2$ mit $b_3$ im Eingriffe, wie in der Abbildung, so wird die Bewegung durch jene Räder auf die Welle $b$ und von dieser wieder durch $b_4$ auf $a_1$ übertragen; mithin dreimalige Uebersetzung

$$\frac{b_2}{d_1} \frac{d_2}{b_3} \frac{b_4}{a_1}.$$

Wird die Welle $b$ mit Hülfe des Handrads $c$ nach links, die Welle $d$ mit Hülfe des Handrads $c_1$ nach rechts verschoben, so kommt das Getriebe $b_4$ ausser Eingriff mit $a_1$, während das auf $d$ befindliche Getriebe $d_3$ Eingriff mit dem Zahnkranze $a_2$ erhält. Das Rad $d_1$ ist hierbei wieder in Eingriff mit dem Getriebe $b_2$ gebracht; das Rad $b_3$ ist mit seiner Welle nach links verschoben und dadurch gegen $d_2$ ausgerückt. Es findet mithin zweimalige Uebersetzung durch die Räder $\frac{b_2}{d_1}\,\frac{d_3}{a_2}$ statt; bei gleicher Umdrehungsrichtung der Antriebsstufenscheibe würde demnach die Planscheibe eine entgegengesetzte Drehung annehmen als in den beiden ersten Fällen. Um dieses zu vermeiden, ist in der Deckentransmission ein Zwischengelege mit offenem und gekreuztem Riemen eingeschaltet, um nach Erforderniss diese oder jene Bewegungsrichtung der Stufenscheibe hervorzubringen. $C$ ist eine auf der Welle feste Riemenscheibe, $C_1$ und $C_2$ sind Losscheiben mit offenem und gekreuztem Riemen. Die Verschiebung des Riemens erfolgt durch Drehung der Stange $D$ vermittelst des an ihr befestigten Handgriffs. An ihrem obern Ende trägt dieselbe einen einarmigen geschlitzten Hebel, welcher die Riemengabelstange $E$ erfasst und bei der Drehung nach links oder rechts verschiebt. In der in Fig. 495 gezeichneten Stellung ist Stillstand. Um das für die Ein- oder Ausrückung der Bewegung erforderliche Maass der jedesmaligen Drehung der Stange kenntlich zu machen, ist am Fusse derselben ein Arm befestigt, der auf drei durch Grübchen markirten Punkten eines am Boden befindlichen Kreisbogens — für Stillstand, Rechts- und Linksdrehung — eingestellt wird.

Quer vor der Planscheibe liegt das zur Aufnahme des Supports dienende Bett auf zwei Fundamentplatten $m\,m$. Um das Bett entsprechend der Stärke der zu drehenden Arbeitsstücke in verschiedenen Abstand von der Planscheibe bringen zu können, tragen die Stücke $m\,m$ an den einander zugekehrten Seiten Zahnstangen, in welche zwei unterhalb des Betts befindliche Getriebe eingreifen.

Die gleichzeitige Drehung der Getriebe, durch welche die Fortbewegung des Betts bewirkt wird, erfolgt durch die von Hand bewegte horizontale Welle $z$ mit Hülfe der in Fig. 496 erkennbaren zwei Paar Winkelräder. Das Bett $m_1$ trägt den Supportschlitten $m_2$, parallel der Planscheibe bis über den Mittelpunkt derselben hinaus beweglich; auf diesem den parallel der Drehbanksachse verschiebbaren Schlitten $m_3$ mit dem Stücke $m_4$, welches die Unterlage für den gewöhnlichen, aus zwei Stücken $m_5$ und $m_6$ bestehenden Handkreuzsupport bildet. Auf diesem befindet sich das um seine Achse drehbare Theil $m_7$ zur Befestigung des Drehstahls.

Von diesen Supporttheilen dient $m_3$ für die Veränderung des Abstandes des Werkzeugs von der Planscheibe gemäss der Stärke des Arbeitsstücks (sofern nicht eine Verschiebung des ganzen Betts hierfür erforderlich ist) und wird mit Schrauben in der entsprechenden Stellung von $m_2$ befestigt;

die drei oberen Theile $m_5$, $m_6$ und $m_7$ dienen für die feinere Einstellung des Werkzeugs vor dem Drehen; der Schlitten $m_2$ dagegen ist für die Schaltbewegung des ganzen Supports parallel der Planscheibenebene bestimmt und wird demgemäss selbstthätig bewegt. Für diesen Zweck sitzt auf der Planscheibenwelle $B$ eine Stufenscheibe $F$, ihr gegenüber auf einer horizontalen Welle, welche in zwei selbstständigen Lagerböcken ruht, eine Stufenscheibe $G$. Durch die beiden Riemenscheiben $HJ$ und die Winkelräder $KL$ wird die Bewegung von der erwähnten Welle aus auf die Schaltspindel $M$ übertragen. Die auf $M$ vermittelst Längsnuth und Keil verschiebbar befestigte und bei der Verschiebung des Schlittens $m_2$ von diesem mitgenommene Schnecke $o$ treibt ein in $m_2$ gelagertes Schneckenrad, auf dessen Welle das Getriebe $p$ sitzt, welches die empfangene Bewegung auf das Rad $q$ fortpflanzt. Auf der Welle von $q$ sitzt endlich ein in Fig. 496 punktirt gezeichnetes Getriebe $y$, welches im Eingriffe mit der im Drehbanksbette festliegenden Zahnstange $x$ steht und somit bei seiner Drehung den Schlitten $m_2$ veranlasst, auf dem Bette $m_1$ sich fortzubewegen.

Zur Zurückführung des Schlittens nach beendigtem Schnitte wird das Rad $q$ durch Verschiebung auf seiner Welle aus dem Eingriffe mit $p$ ausgerückt und eine Handkurbel auf das vierkantige Ende der Welle des Rads $q$ aufgesteckt, um die Rückwärtsdrehung derselben von Hand auszuführen.

Drehbänke, welche ganz bestimmten Zwecken gewidmet sind, erleiden nicht selten diese und jene Abweichungen von der bisher besprochenen allgemeinen Form. Beim Abdrehen von Laufrädern für Locomotiven und Eisenbahnwagen ist es nothwendig, sie paarweise und gleichzeitig zu drehen, nachdem sie auf ihre Achse aufgezogen worden sind, damit sie vollständig gleiche und zu den Achsen concentrische Laufflächen erhalten. Es kommt aber bei solchem gleichzeitigen Abdrehen beider Räder darauf an, sie so einzuspannen, dass jedes selbstständig seinen Antrieb erhält und derselbe nicht etwa durch die Radachse von einem Rade auf das andere übertragen wird, wodurch leicht eine Verdrehung eines Rades gegen das andere entstehen könnte. Man giebt demnach diesen Räderdrehbänken zwei Spindelstöcke mit einander zugekehrten Spitzen, zwischen welchen die Räderachse eingelegt wird; der Reitstock kommt als solcher in Wegfall. Der eine der Spindelstöcke steht fest, der andere ist auf dem gemeinschaftlichen Bette in der Achsenrichtung verschiebbar, um Achsen von erheblich verschiedener Länge einspannen zu können; ausserdem stecken beide Spitzen in Dornen, welche in ganz gleicher Weise wie der Reitnagel einer gewöhnlichen Spitzendrehbank innerhalb der hohlen Drehbanksspindel durch eine Schraubenspindel verschoben werden können, um die Achsen einzuspannen. Jede Drehbanksspindel trägt eine Planscheibe, an welcher ein Mitnehmer befestigt ist, um die Räder zu bewegen. Der Antrieb von der Deckentransmission wird durch eine einzige Riemenscheibe (Stufenscheibe) aufgenommen, welche die Bewegung auf eine parallel der

Drehbanksachse gelagerte Hauptwelle überträgt, von wo sie dann durch Zahnradübersetzungen auf beide Planscheiben fortgepflanzt wird. Zum Abdrehen jedes Rades ist ein eigener Support erforderlich und beide Supports erhalten von einer gemeinschaftlichen Welle aus ihre Schaltung. Liegen die Laufstellen der Achsen ausserhalb der Räder, nicht zwischen denselben, so steckt man diese vorstehenden Zapfen häufig in conische Büchsen mit genau abgedrehtem Metallfutter, welche an den Planscheiben genau centrisch befestigt sind und jedenfalls eine sicherere Unterstützung gewähren, als es die Drehbanksspitzen im Stande sein würden.

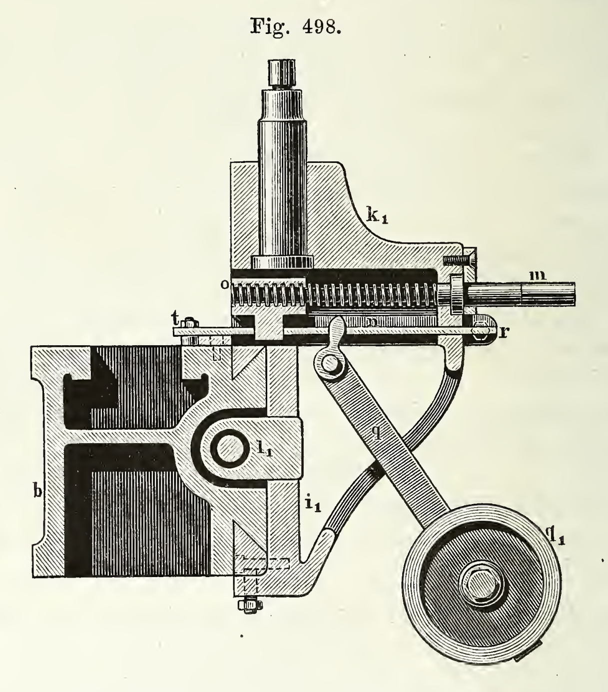
Eine andere Abweichung von den bisher besprochenen Anordnungen der Drehbänke ist die Anbringung zweier einander gegenüberliegender Supports, deren Werkzeuge gleichzeitig schneiden. Man nennt diese Drehbänke Duplexdrehbänke. Einestheils will man durch die Anwendung zweier einander zugekehrter Stähle das Ausbiegen des Arbeitsstücks aus der Drehbanksachse unter dem Drucke eines einseitig wirkenden Stahls vermeiden; anderntheils wird die Arbeit beschleunigt. Selbstverständlich müssen die Schneiden entgegengesetzt gerichtet sein. Räderdrehbänke nach diesem Systeme erhalten demnach vier Supports. Der Erfolg hat jedoch diese theoretisch begründeten Vortheile der Duplexdrehbänke nicht im vollem Maasse bewahrheitet. Denn da fast niemals ein auf die Drehbank gebrachtes Arbeitsstück schon vollständig rund ist, so kommt es vor, dass der eine Drehstahl einen stärkern Span als der andere zu nehmen hat. Der erstere Stahl drückt also in Folge des grössern Widerstandes das Arbeitsstück aus seiner Achsenrichtung heraus gegen den gegenüberliegenden Stahl, und dieser nimmt demnach einen stärkern Span als für eine vollkommene Rundung erforderlich ist.

Beim Abdrehen vieler kleinerer Gegenstände von gleicher Form kann es zweckmässig sein, das Drehen von zwei derartigen Arbeitsstücken gleichzeitig durch einen einzigen Arbeiter ausführen zu lassen. Man wendet für diesen Zweck sogenannte Doppelsupportdrehbänke an. Dieselben bestehen, streng genommen, aus zwei Bänken mit gemeinschaftlichem Bette. In der Mitte des letztern stehen die beiden Spindeldocken dicht neben einander und gewöhnlich in einem Stücke gegossen, aber jede mit besonderm Antriebe versehen, um jede Hälfte der Bank unabhängig von der andern betreiben zu können; die beiden Spitzen der Drehbanksspindeln sind nach den Enden des Betts gerichtet (einander abgewendet), wo sich die Spitzendocken befinden. Bei selbstthätiger Schaltung erhält jeder Support seine eigene Leitspindel. Aehnlich sind die Drehbänke gebaut, welche den Zweck haben, an den Achsen für Eisenbahnwagen beide Zapfen gleichzeitig zu drehen (Achsendrehbänke). In der Mitte der Drehbank steht die Spindeldocke; die Spindel ist hohl, die Achse wird durch sie hindurchgesteckt, mit Schrauben centrirt und von den todten Spitzen der beiden an den Enden der Bank aufgestellten

Reitstöcke festgehalten. Neben jedem Reitstocke steht ein Support, durch eine Leitspindel von der Drehbanksspindel aus geschaltet.

Um auf Drehbänken mit selbstthätiger Schaltung auch solche Gegenstände abdrehen zu können, deren Querschnitte zwar kreisrund sind, deren Längenprofil aber gegliedert ist — z. B. Handgriffe, curvenförmige Laufflächen von Rädern u. dergl. —, bedient man sich eines sogenannten Curvensupports, welcher die Führung des Drehstahls nach einer Curve statt nach einer der Drehbanksachse parallelen geraden Linie ermöglicht. In den Figuren 498 und 499 ist ein solcher Curvensupport abgebildet [1].

Fig. 498.



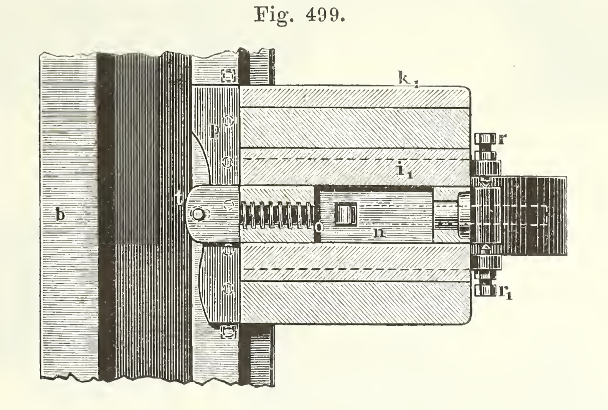

Hier ist $b$ das Drehbanksbett, $i_1$ der untere Schlitten des Supports mit der Schraubenmutter $l_1$, welcher durch die Leitspindel in gewöhnlicher Weise parallel der Drehbanksachse bewegt wird. Derselbe trägt den obern Schlitten $k_1$, welcher in Prismenführungen rechtwinklig gegen die Achsenrichtung verstellbar ist. Die im obern Theile gelagerte Schraubenspindel $m$ geht durch die Schraubenmutter $o$; letztere aber sitzt nicht wie bei gewöhnlichen Supporten im Unterschlitten fest, sondern ist mit der Leitschiene $n$ verbunden, welche sich mittelst eines Röllchens oder eines Stifts $t$ gegen eine auf dem Bette befestigte, dem herzustellenden Profile entsprechend ausgeschnittene Schablone $p$ legt und durch den Hebel $q$ nebst Gegengewicht $q_1$ beständig gegen diesen gedrückt wird. Wird die Leitspindel in Wirksamkeit gesetzt, und bewegt sich demnach

[1]) Hart, Werkzeugmaschinen, Tafel 3, Fig. 8 und 10.

der Schlitten $i_1$ parallel der Drehbanksachse, so folgt die Rolle $t$ nebst Schiene, Schlitten und Stahl der durch die Schablone vorgeschriebenen Bahn, die Schraubenspindel $m$ dient hierbei nur zum Einstellen. Soll der Curvensupport zur Herstellung von Cylinderflächen als gewöhnlicher Support benutzt werden, so wird die Schablone entfernt, das Gewicht senkt sich, die Schiene $n$ geht zurück und wird durch die Schrauben $r$ und $r_1$ festgestellt,

Soll die Drehbank zum Ovaldrehen (Herstellung von elliptischen Querschnitten) benutzt werden, so erhält das Arbeitsstück ausser seiner

Fig. 499.




Drehung eine hin- und hergehende Bewegung und es wird zu diesem Zwecke zwischen Spindel und Arbeitsstück ein sogenanntes Ovalwerk eingeschaltet. Die Figur 500 (a. f. S.) stellt die Einrichtung eines solchen von Leonardo da Vinci erfundenen Ovalwerks dar [1]. In den beiden auf der linken Seite befindlichen Abbildungen ist 1 die Drehbanksspindel, $a_1$ das rechte Ende der Spindeldocke. Auf der letztern ist vermittelst zweier Körnerschrauben das Gussstück $a_2$ (Versetzkopf) befestigt, welches an seiner Vorderseite einen ringförmigen, an der Aussenfläche gedrehten Absatz 2 trägt. Dieses Gussstück ist für sich allein auf der rechten Seite in den beiden mittleren Abbildungen dargestellt. Vermittelst der beiden erwähnten Körnerschrauben ist man im Stande, diesen Ring in horizontaler Richtung beliebig excentrisch gegen die Drehbanksspindel einzustellen; und eine Skala an der Oberkante beider Theile dient zum Ablesen der Excentricität. Auf dem durch einen entsprechend langen Schlitz dieses Gussstücks hervorragenden Kopfe der Drehbanksspindel ist eine längliche Scheibe $d$ aufgeschraubt, rechts oben in der Vorderansicht, rechts unten in der Ansicht von hinten abgebildet. Dieselbe trägt in Prismaführungen (mit 4 bezeichnet) einen Schieber $c$, welcher die Stelle der Planscheibe vertritt; dieser wird durch zwei Knaggen $c\,c$ bewegt, welche auf der Rückseite der Scheibe sich gegen

[1] Reuleaux, Kinematik, S. 337.

den ringförmigen Ansatz 2 des Gussstücks $a_2$ legen und in Schlitzen der Scheibe *d* geführt sind. Bei der Drehung der Scheibe *d* werden

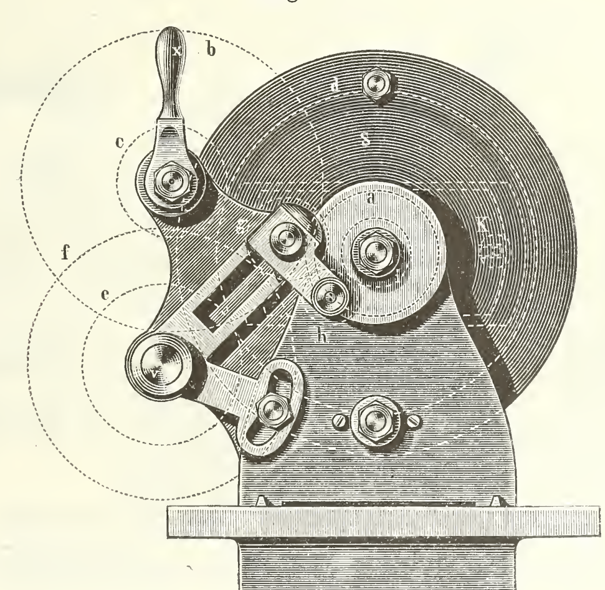
Fig. 500.

somit diese Knaggen um den Ring 2 herumbewegt. Auf der Vorderseite des Schiebers genau in der Mitte zwischen beiden Knaggen befindet sich ein Zapfen mit Schraubengewinde um eine Vorrichtung zur Befestigung des Arbeitsstücks aufzuschrauben. Ist nun der Ring 2 genau centrisch zur Drehbanksspindel auf der Docke befesigt, so fällt die Drehungsachse des auf dem Schieber befestigten Arbeitsstücks mit der Spindel-

achse zusammen und das Arbeitsstück bewegt sich im Kreise; ist aber der Ring seitwärts verstellt, so wird der Schieber und mit ihm das Arbeitsstück während einer vollen Umdrehung der Drehbanksspindel zweimal um die Excentricität in horizontaler Richtung verschoben; und der Drehstahl beschreibt auf dem Arbeitsstücke eine Ellipse, deren kleinster Halbmesser gleich dem Abstande der Schneide von der Drehbanksachse, deren grösster Halbmesser gleich diesem Abstande plus der erwähnten Excentricität ist.

Das dem Ovalwerke zu Grunde liegende Princip, die Drehungsbewegung des Arbeitsstücks mit einer hin- und hergehenden Bewegung zu combiniren, lässt sich aber auch in mannigfach veränderter Form zur Anwendung bringen, sobald man die Zeitdauer des einmaligen Hin- und Hergangs in ein anderes Verhältniss zur einmaligen Umdrehung setzt; und es lassen sich dadurch die verschiedenartigsten Querschnittsformen hervorrufen. Ein interessantes Beispiel hierfür giebt eine von Ludw. Löwe u. Co. in Berlin nach einem Patente von Koch und Müller erbaute sogenannte Universaldrehbank, deren Spindelkasten nebst Antriebsmechanismen in den Figuren 501 und 502 abgebildet ist.

Fig. 501.



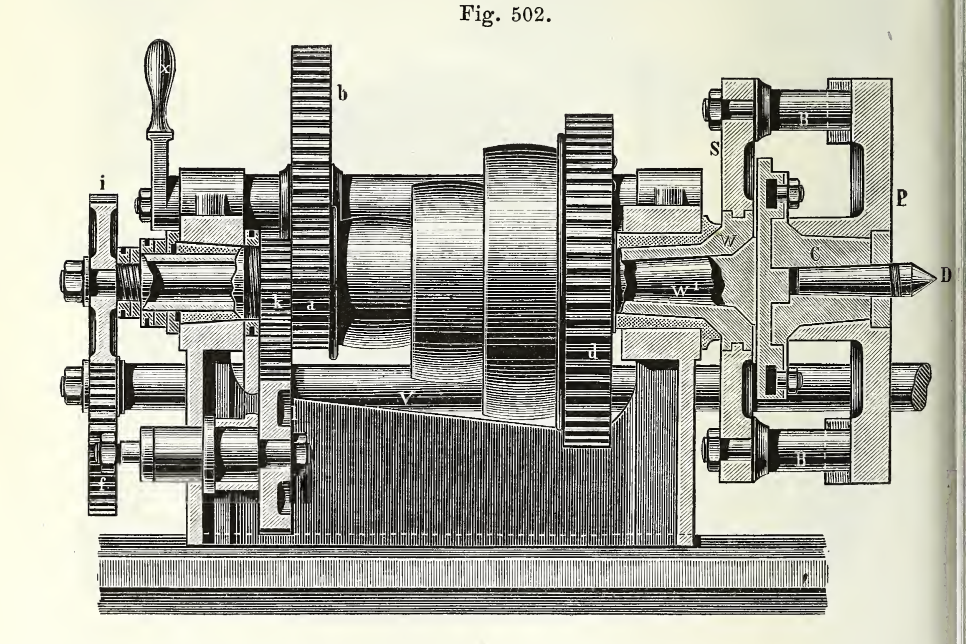

Innerhalb der hohlen Drehbanksspindel *W*, welche die Stufenscheibe für den Antrieb trägt, befindet sich, selbstständig drehbar, eine zweite Spindel $W_1$. Der Antrieb auf *W* wird wie gewöhnlich entweder direct durch Verkupplung der losen Stufenscheibe mit dem festen Rade *d* übertragen oder für langsamern Gang vermittelst der Zwischenräder *a b c d*.

Zur Ausrückung der letztgenannten Räder dient ein excentrischer Zapfen, wie früher beschrieben, mit dem Handgriffe *x*. Um auch der Spindel $W_1$ eine von $W$ unabhängige Drehung zu geben, ist auf dem linken, aus $W$ vorstehendem Ende derselben das Stirnrad *i* befestigt, welches von dem Rade *d* aus durch Einschaltung der Zwischenräder *efgh* getrieben wird. Die letzteren drei sind Wechselräder und demzufolge in einem auf das Ende der Welle *V* aufgesteckten und um dieselbe drehbaren Bügel, wie aus Fig. 501 hervorgeht, gelagert; man ist also nicht allein im Stande, durch Auswechselung der Räder das Umsetzungsverhältniss zwischen $W$ und $W_1$ beliebig zu ändern, sondern auch, indem man das Rad *h* ganz beseitigt und *g* ohne Weiteres in *i* eingreifen lässt, eine entgegengesetzte Drehung von $W_1$ hervorzurufen.

Die Räder *k* und *l* werden benutzt, um eine selbstthätige Bewegung des Werkzeugs vermittelst einer in der Abbildung nicht ersichtlichen Leitspindel hervorzubringen.

Auf dem rechten Ende der innern Spindel befindet sich eine Scheibe mit Prismaführungen, auf welcher der Versetzkopf *C* und mit diesem

Fig. 502.




die conische Spitze *D* sowie die Planscheibe *P* excentrisch verstellbar ist, während die beiden in Nuthen der Scheibe gehenden Schrauben zur Befestigung des Versetzkopfs in der gewählten Stellung dienen. Auf *C* ist die Planscheibe *P* drehbar und empfängt ihre Drehung von der auf der Spindel *W* befindlichen Scheibe *S* aus durch die Mitnehmer (Gleitrollen) *BB*, welche in radiale Führungen an der Rückseite von *P* greifen und

bei der excentrischen Stellung von $P$ ähnlich wirken wie das Gleitstück einer excentrischen Kurbelschleife. Es würde demnach, wenn die Scheibe $S$ auf $W$ befestigt wäre, $P$ eine, in diesem Falle nicht beabsichtigte, ungleichförmige Drehung erhalten. Deshalb bewegt sich $S$ bei der Drehung von $W$ in prismatischen Führungen, wie aus Fig. 502 hervorgeht, rechtwinklig gegen die radiale Bewegungsrichtung der Mitnehmer $BB$; es entsteht dadurch eine sogenannte rechtwinklige Kreuzschleife, welche eine gleichförmige Drehung der Planscheibe vermittelt. Ein auf der letztern (beziehentlich der Spitze $D$) befestigtes Arbeitsstück wird demnach

erstens durch Drehung der Planscheibe eine Drehung um deren Mittelpunkt,

zweitens in Folge der excentrischen Stellung von $P$ eine Bewegung um den Mittelpunkt des Spindelquerschnitts machen, durch welche die Achse des Arbeitsstücks in wechselnde Entfernung von der Schneidkante des festliegenden Drehstahls gebracht wird.

Wie oft und in welchem Maasse diese Näherung und Entfernung während eines vollen Umlaufs der Planscheibe eintritt, hängt von der Verhältnisszahl zwischen den Umdrehungen der Spindeln $W$ und $W_1$ sowie der Excentricität der Scheibe $P$ ab. Sind z. B. die Zahnräder für den Betrieb der innern Spindel so gewählt, dass das Uebersetzungsverhältniss der äussern zur innern Spindel gleich 1 : 2 ist und beide Spindeln sich in gleicher Richtung drehen, so wird während einer Umdrehung der Planscheibe die Achse des Arbeitsstücks dem Werkzeuge zweimal um das Maass der Excentricität genähert und zweimal von ihm entfernt; es findet dieselbe Bewegung statt wie bei dem gewöhnlichen Ovalwerke, und es entsteht eine Ellipse.

Giebt man eine dreifache Uebersetzung, so entstehen durch dreimalige Näherung und Entfernung Curven wie sie Fig. 503 darstellt, Dreiecken mit abgerundeten Ecken ähnlich; durch vier-, fünf-, sechs- u. s. w. fache Uebersetzungsverhältnisse lassen sich Querschnitte darstellen, welche eine Aehnlichkeit mit regelmässigen Polygonen besitzen (hypocyklische

Fig. 503.

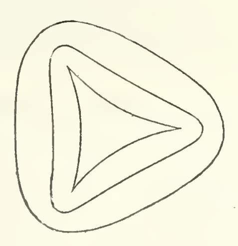
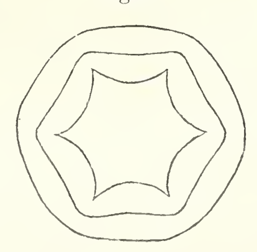


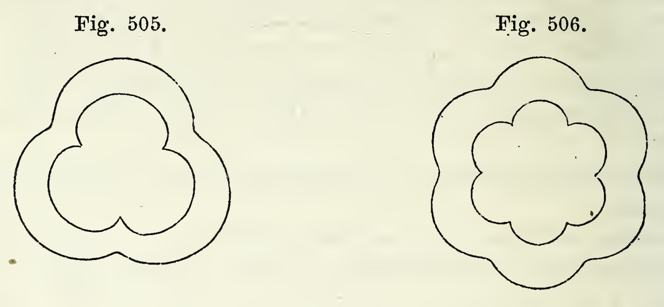
Fig. 504.



Curven), z. B. bei sechsfacher Uebersetzung die Curven, Fig. 504; schaltet man dagegen aus dem Vorgelege das Zwischenrad $h$ aus, so dreht sich

die innere Spindel in entgegengestetzter Richtung als die äussere und man erhält pericyklische Curven, als deren Beispiel Fig. 505 bei dreifacher, Fig. 506 bei sechsfacher Uebersetzung gelten können.

Sollen derartige Querschnitte zwischen den Spitzen der Drehbank hergestellt werden, so muss natürlich die Spitze des Reitstocks eine ge-


Fig. 505. Fig. 506.

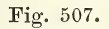
nau gleiche Bewegung erhalten wie die Spitze des Spindelstocks. Es ist zu diesem Zwecke der Reitstock dieser Universaldrehbank mit einem Räderwerke versehen, welches dem Räderwerke $fghi$ gleicht, von derselben Welle $V$ aus als dieses betrieben wird und einer im Reitstock statt der einfachen Pinne gelagerten Spindel dieselbe Anzahl Umdrehungen ertheilt als der Spindel $W_1$. Auf dieser Reitstockspindel ist nun die Spitze desselben ebenfalls vermittelst eines Versetzkopfs excentrisch verstellbar, so dass bei gleicher Excentricität auch beide Spitzen genau die gleiche Bewegung ausführen. Wird also das zwischen den Spitzen eingespannte Arbeitsstück durch einen an der Planscheibe befindlichen Mitnehmer gezwungen, die Drehungen der Planscheibe mitzumachen, so erfolgt ein Arbeitsstück, welches geradlinige Achse und in jedem Abstande von der Planscheibe den nämlichen Querschnitt besitzt, ein Prisma mit gekrümmten Seitenflächen. Solche Gegenstände können im Maschinenbau mannigfache Anwendung finden.

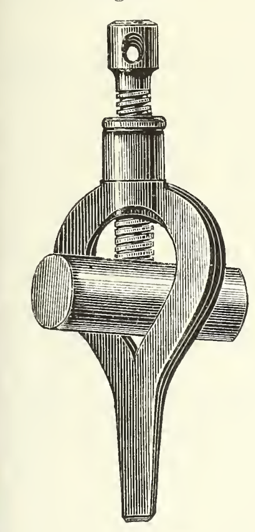
Stehen jedoch die beiden Spitzen einander nicht genau gegenüber, so erfolgt statt des prismatischen ein schraubenförmig gedrehter Körper, welcher für architektonische und decorative Zwecke recht geeignet sein kann. Noch häufigere Verwendung als bei Verarbeitung der Metalle dürfte diese letztere Bewegungsart bei Verarbeitung von Holz, Elfenbein und dergleichen finden.

Endlich ist noch der Fall denkbar, dass die Spitze des Reitstocks feststeht und nur die Spitze des Spindelstocks sich dreht. Es erfolgt dann ein Körper, dessen unrunder Querschnitt am Spindelstocke allmälig in einen kreisrunden am Reitstocke übergeht. Auch solche Formen finden bei Herstellung von Werkzeugen (Reibahlen, Gewindebohrern) zweckmässige Anwendung und werden auf der Drehbank sich jedenfalls in sicherer, genauerer Weise als durch Handarbeit herstellen lassen.

Werden die Vorgelege der innern Spindel ausgelöst, die äussere und innere Spindel mit einander verbunden (wozu der am Kopfe *W* der Hohlspindel befindliche verstellbare Knaggen *K* dient) und die Spitzen centrisch zur Drehungsachse eingestellt, so kann die Drehbank als gewöhnliche Leitspindeldrehbank benutzt werden.

Wenn das zwischen Spitzen zum Runddrehen eingespannte Arbeitsstück keinen Vorsprung an einer geeigneten Stelle besitzt, der vom Mitnehmer der Drehbank ergriffen werden kann, so muss man Sorge tragen, künstlich einen solchen Vorsprung anzubringen, welcher gleichfalls Mitnehmer oder Führer genannt wird. Die üblichste Form hierfür ist die in Fig. 507 abgebildete, Dreherherz genannt, dessen Anwendung einer Erläuterung nicht bedürfen wird. Die eigenthümliche Form des Herzes lässt eine grosse Mannigfaltigkeit in den Querschnitten der einzuspannenden Arbeitsstücke zu.


Fig. 507.



In anderer Weise kann die Befestigung des Arbeitsstücks bewirkt werden, wenn man auf den Kopf der Spindel einen Hohlcylinder aufschraubt, welcher das Ende des Arbeitsstücks (oder einen an demselben befindlichen centrischen Zapfen) aufnimmt und Futter oder Drehbanksfutter, auch Patrone genannt wird. Eine derartige Vorrichtung wurde schon bei Besprechung der Räderdrehbänke als zur Aufnahme der vorstehenden Achsenzapfen dienend erwähnt. Die Befestigung geschieht am einfachsten durch eingetriebene Holzkeile; häufiger durch 6 bis 8 radial gerichtete, durch die Wand des Futters hindurchgehende Klemmschrauben. Wendet man statt der Klemmschrauben Backenstücke an, welche sich gleichmässig und gleichzeitig in radialer Richtung durch Bewegung eines einzigen Stücks verstellen lassen, so erhält man ein sogenanntes Universalfutter, durch welches ebensowohl das Centriren als Einspannen des Arbeitsstücks ausgeführt wird, und welches deshalb in verschiedenen Formen zahlreiche Anwendung gefunden hat.

Der Gebrauch eines Futters wird besonders dann erforderlich, wenn das Arbeitsstück überhaupt nur an dem einen Ende sich befestigen lässt, der Reitstock also nicht gebraucht wird.

Sollen hohle Arbeitsstücke an der Aussenfläche zwischen Spitzen gedreht werden, so muss man durch Einklemmen eines diametralen schmiedeeisernen Stegs an jedem Ende erst Stützpunkte schaffen, an welchen die Spitzen angreifen können. In solcher Weise werden Säulen, Scheibenröhren und dergleichen gedreht. Kurze Hohlkörper dagegen steckt man zweckmässig über ein massives Futter (Dorn), welches statt

des oben erwähnten Hohlfutters auf dem Spindelkopfe aufgesteckt wird und das Arbeitsstück durch Reibung mitnimmt.

Wenn beim Drehen sehr langer und dünner Arbeitsstücke, z. B. Transmissionswellen, ein seitliches Ausweichen unter dem Drucke des Drehstahls zu befürchten ist, so stützt man sie an einer oder mehreren Stellen zwischen den Docken durch einfache Hülfslager, welche auf dem Drehbanksbette aufgestellt und Lünetten, Setzstöcke oder Brillen genannt werden. Eine gleiche Vorrichtung wird benutzt, wenn die Endflächen langer, zum Befestigen auf der Planscheibe nicht geigneter Arbeitsstücke bearbeitet werden sollen; man befestigt sie mit dem einen Ende in einem Futter an der Spindel und lässt das andere Ende in der Hülfsdocke laufen.

Das eigentliche Werkzeug der Drehbank — Drehstahl, Drehmeissel, Dreheisen genannt — besitzt entsprechend der verschiedenen Gestalt der Arbeitsstücke und verschiedenen Einrichtung der Drehbank sehr verschiedenartige Formen. Allgemein unterscheidet man Schroppstähle (Schrotstähle), Spitzstähle und Schlichtstähle. Der Schroppstahl hat, seiner Bestimmung zufolge, durch Abnahme starker Späne bei rascher Schaltbewegung die erste Bearbeitung aus dem Groben zu bewirken, eine bogenförmige Schneide (vergl. Fig. 431); der Spitzstahl dient zum Abnehmen feinerer Späne und besitzt eine durch das Zusammentreffen von zwei Schneiden gebildete Spitze (vergl. Fig. 430); der Schlichtstahl endlich, welcher zum Nacharbeiten der mit Schropp- und Spitzstahl gedrehten Arbeitsstücke dient, hat eine geradlinige Schneide. Zum Drehen kleinerer Gegenstände gebraucht man häufig den früher beschriebenen Grabstichel. Soll der Stahl zum Ausdrehen innerer Flächen eines Hohlkörpers benutzt werden, so muss derselbe an seinem Ende, da wo er in die Höhlung hineingreifen soll, rechtwinklig umgebogen werden und heisst dann Hakenstahl. Drehstähle, welche aus freier Hand geführt werden, steckt man in ein hölzernes Heft; nur wenn sehr schwere Stücke aus freier Hand gedreht werden sollen, schmiedet man die Stähle so lang, dass sie auf der Schulter des Arbeiters eine Auflage finden, und giebt ihnen eine entsprechende Biegung nach aufwärts.

Die Bewegung der zu drehenden Fläche des Arbeitsstücks auf der Drehbank findet, wenn der Dreher vor der Bank steht, von oben nach unten statt; der Stahl wird gewöhnlich so eingespannt, dass die Schneide mit der Drehungsachse in annähernd gleicher Höhe liegt.

Um einen Gegenstand zwischen Spitzen zum Runddrehen einzuspannen, ist es erforderlich, zunächst mit Hülfe eines der hierfür gebräuchlichen Apparate das Mittel zu suchen (vergl. S. 37), den Mittelpunkt durch einen Körner zu bezeichnen und ein conisches Grübchen zu bilden, in welches die Spitze hineintritt. Häufig bohrt man das Grübchen mit einem kleinen Bohrer etwas tiefer nach als es der Körner einzuschlagen vermag; und wo diese Arbeit oft vorkommt, ist die Anwendung einer Centrirmaschine (S. 38), welche ebensowohl den Mittelpunkt

festlegt als das Grübchen bohrt, höchst zweckmässig. Alsdann kommt es zunächst darauf an, dem Arbeitsstücke mit Hülfe der vorhandenen verschiedenen Bewegungsübertragungen die richtige Umfangsgeschwindigkeit zu geben. Man rechnet für Stahl eine Umfangsgeschwindigkeit von 40 bis 50 Mm. per Secunde, für Gusseisen von 80 bis 90 Mm., für Schmiedeeisen von 90 bis 100 Mm., für Messing von 160 bis 200 Mm. Hartgussstücke, z. B. Hartwalzen, vertragen nur eine Umfangsgeschwindigkeit von 10 bis 20 Mm. Ist die Geschwindigkeit zu bedeutend, so entsteht ein Zittern der Maschine, wodurch die Arbeit ungenau wird, und es tritt eine rasche Abnutzung (Stumpfwerden) des Werkzeugs ein. Erfahrungsgemäss steht dieses Stumpfwerden nicht etwa in geradem Verhältnisse zu der bei rascherm Gange geleisteten grössern Arbeit, sondern wächst mit der Geschwindigkeit in geometrischer Progression; und schliesslich kann ein Punkt eintreten, wo das Werkzeug überhaupt nicht mehr angreift, sondern lediglich von dem sehr rasch umlaufenden Arbeitsstücke angegriffen und unter Umständen — wenn dieses scharfkantig ist — wie durch eine Kreissäge zertheilt wird.

Die Schaltung des Werkzeugs beträgt, je nachdem man schroppt oder schlichtet und je nachdem der Durchmesser des Arbeitsstücks kleiner oder grösser ist, 0,3 bis 1 Mm. per Umdrehung.

Von grosser Wichtigkeit für das Gelingen des Drehens ist, dass das Arbeitsstück rund laufe; d. h. dass seine Drehungsachse mit der Spindelachse zusammenfalle. Bedingung hierfür ist zunächst die richtige Construction der Drehbank, insbesondere eine sichere und genaue Lagerung der Drehbanksspindel. Deshalb lässt man, wenn es auf aussergewöhnlich genaue Arbeit ankommt, das Arbeitsstück lieber zwischen todten Spitzen laufen, indem man die Spindel festlegt und von einer auf derselben sich drehenden Scheibe die Bewegung vermittelst eines Mitnehmers auf das Arbeitsstück überträgt. Sodann bewirkt jede Verbiegung des Arbeitsstücks unter dem Drucke des Drehstahls ein Unrundlaufen, und manche zufällige Ursachen können einen gleichen Erfolg hervorrufen.

Beim Drehen von Schmiedeeisen und Stahl lässt man ununterbrochen Wasser, Seifenwasser oder Oel auf die Stelle tropfen, wo der Stahl angreift. Man verhindert dadurch eine starke Erhitzung und ein in Folge dessen rasches Stumpfwerden des Drehstahls, befördert auch zugleich das Abfliessen des Spans und vermindert somit den Arbeitsaufwand. Gusseisen, welches kurze mürbe Späne liefert, wird trocken gedreht.

Wie man im Stande ist, mit Hülfe verhältnissmässig einfacher Kunstgriffe auch nichtcylindrische Flächen auf der Drehbank herzustellen, wurde schon theilweise oben erwähnt. Wir erinnern an die Herstellung von Kegelflächen, indem man den Reitstock seitlich soweit verstellt, dass die eine Seitenlinie des Kegelprofils parallel der Drehbanksachse zu liegen kommt; an die Benutzung des Curvensupports zur Herstellung gegliederter Körper mit kreisförmigen Querschnitten; des Ovalwerks zum Drehen von ellipsenförmigen Querschnitten. Kugeln kann man mit

Hülfe eines sogenannten Kugelsupports drehen, welcher um einen mitten unter der eingespannten Kugel liegenden Drehpunkt horizontal derartig gedreht wird, dass die Schneide des Drehstahls einen Kreis von dem Durchmesser der Kugel in der Ebene der Drehungsachse der Kugel beschreibt; oder man giebt dem Arbeitsstücke eine zweifache Bewegung sowohl um die horizontale Achse der Drehbank als um eine rechtwinklig diese kreuzende Achse. Es lässt sich diese eigenthümliche Bewegung erreichen, wenn man die Kugel zwischen Spitzen einspannt, welche diametral auf der Planscheibe, also in einer die Drehungsachse rechtwinklig schneidenden Ebene befindlich sind, und die eine dieser Spitzen selbst mit einem Umtriebsmechanismus in Verbindung bringt. Es empfängt dann das Arbeitsstück gleichzeitig die Drehung der Planscheibe und der Spitzen; und das Werkzeug liegt fest.

Vielfach benutzt man auch die Drehbank, um vermittelst Wegnahme von Spänen nach bestimmten Linien an der Oberfläche der Arbeitsstücke Verzierungen — durch vertiefte Linien gebildet — hervorzubringen und nennt diese Arbeit Guillochiren.

Wenn z. B. in Fig. 508 $c$ die geometrische Drehungsachse der Drehbank bezeichnet, $a$ den Mittelpunkt eines Arbeitsstücks, welches mit Hülfe eines Versetzkopfs (eines rechtwinklig gegen die Drehungsachse beweglichen Schiebers) excentrisch gegen $c$ gestellt ist, und man lässt die Spitze des festliegenden, parallel mit der Drehungsachse gerichteten Werkzeugs im Punkte $d$ angreifen, so beschreibt dieselbe, wenn die Drehbank in Umlauf gesetzt wird, den Kreis $d$ $d_1$ $d_2$ auf der Fläche des Arbeitsstücks. Dreht man nun, nachdem dieser erste Kreis gezogen ist, das Arbeitsstück ein wenig um seine Achse $a$, so dass der Punkt $c$ der Oberfläche nach $b$ fällt — was durch eine einfache Vorrichtung in genau bestimmbarem Maasse zu erreichen ist — und lässt das Werkzeug abermals angreifen, so entsteht neben dem ersten Kreise ein zweiter, jenen in zwei Punkten schneidend; und durch fortgesetzte Drehung eine grössere Anzahl Kreise, die, wie in der gegebenen Abbildung, sich schneiden und unter einander verschlungen erscheinen. So kann man durch passend gewählte Excentricität, Abstände und Durchmesser der Kreise in einfachster Weise zierliche Zeichnungen hervorbringen; ein Schritt weiter geschieht, wenn man das Ovalwerk mit dem Versetzkopfe verbindet.

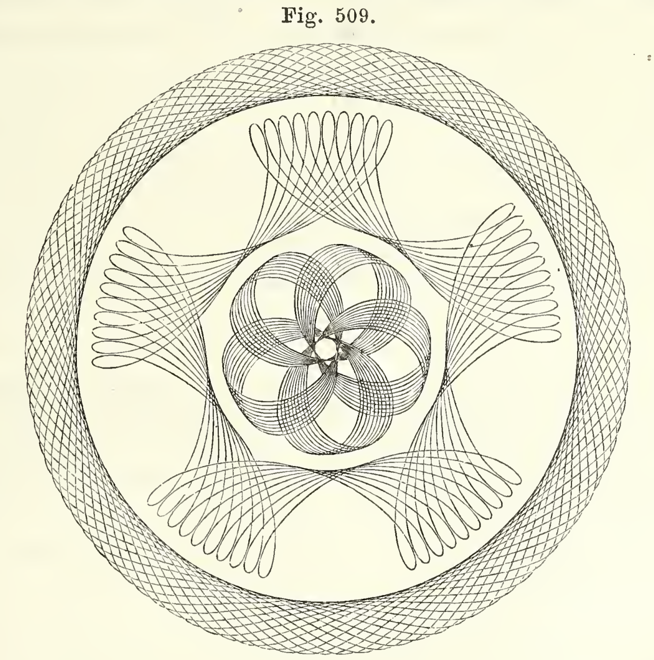
Fig. 508.

Mit Hülfe der in den Figuren 501 u. 502 a. S. 655 u. 656 abgebildeten Universaldrehbank lassen sich in noch weit ergiebigerer Weise verschlungene Zeichnungen hervorrufen. Wählt man nämlich zwischen der

Hohlspindel und der innern Spindel ein Uebersetzungsverhältniss, welches nicht genau 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4 u. s. w. ist, so entstehen Curven, welche sich nach einer vollen Umdrehung nicht genau decken, sondern Figuren bilden, wie sie Fig. 509 darstellt.

Bei der eigentlichen Guillochirmaschine ist die Spindeldocke nebst Spindel um zwei an ihrem Fusse befindliche Spitzen wie um eine hori-

Fig. 509.



zontale der Drehbanksachse parallele Achse drehbar, so dass sie wie ein umgekehrter Pendel hin- und herschwingen kann. Auf der Spindel sitzt eine stählerne oder bronzene Scheibe, deren Rand nach einer Figur geschweift ist, welche den darzustellenden Figuren geometrisch ähnlich ist. Diese Scheibe heisst Patrone und dreht sich mit der Spindel. Seitlich von der Spindel ist ein horizontaler Stahlstift befestigt, welcher Anlauf oder Taster genannt wird, und an der andern Seite der Spindel befindet sich an dem Bette der Maschine eine Feder, welche die Docke nebst Spindel und Patrone nach der Seite des Anlaufs hinüberdrückt, so dass die Patrone bei der Drehung der Spindel mit ihrem Umrisse auf jenem schleift. Befestigt man also auf der Planscheibe ein Arbeitsstück, so wird der Drehstahl auf der senkrechten Stirnfläche desselben Figuren beschreiben, welche dem Umrisse der Patrone entsprechen; und wenn die Spindel mit einem Versetzkopfe zur excentrischen Verstellung des Arbeitsstücks versehen wird, so lassen sich mannigfach verschlungene Figuren hervorbringen.

Unregelmässige Figuren aller Art — selbst bildliche Darstellungen, wie sie z. B. auf manchen Uhrgehäusen, Dosen und dergleichen sich finden — werden hergestellt, indem man zwischen Spindel und Arbeitsstück eine Vorrichtung einschaltet, welche eine geradlinige Hin- und Herbewegung des letztern ermöglicht, während die Spindel sich dreht und die Patrone die Entstehung der erforderlichen Curven bewirkt.

Sollen, statt auf den ebenen Flächen der Arbeitsstücke, Guillochirungen auf Cylinderflächen hervorgerufen werden, z. B. bei Druckwalzen, so wird die Spindel in ihrer Längenrichtung verschiebbar gemacht, während sie sich rund dreht und die Docke feststeht. Man erreicht diesen Zweck gleichfalls durch eine Patrone nebst Feder, welche erstere ihre Profilirung wie die Zähne eines Kronrads auf dem äussersten Umkreise der Fläche trägt und somit die horizontale Verschiebung der Spindel hervorbringt.

Ueber die Verwendung der Drehbank zum Bohren, Drücken, Schraubenschneiden wird unten bei den betreffenden Arbeiten die Rede sein.

Der Arbeitsverbrauch der Drehbänke wird nach Hartig nach der Formel:

$$N = N_0 + \varepsilon G \text{ Pferdestärken}$$

berechnet, worin $N_0$ den Arbeitsverbrauch im Leergange bezeichnet, $G$ das in einer Stunde abgedrehte Metall in Kilogrammen, $\varepsilon$ den specifischen Arbeitswerth für das bearbeitete Material, d. h. den für 1 Kilogramm stündlich abgedrehtes Metall entfallenden Werth in Pferdekräften, dessen Werth anzunehmen ist:

für Gusseisen . . . . . . $\varepsilon = 0{,}069$ Pferdestärken,
„ Schmiedeeisen . . . . $\varepsilon = 0{,}072$ „
„ Stahl . . . . . . . . . $\varepsilon = 0{,}104$ „

Bei Veranschlagungen der erforderlichen Betriebskraft wird man 1 Pferdekraft für grosse, $^1/_2$ Pferdekraft für kleine Drehbänke rechnen können.

---

## Literatur über Drehen und Drehbänke.

Ausser den auf Seite 569 angegebenen Werken:

Wiebe, Skizzenbuch, Jahrg. 1869, Hft. 5; Jahrg. 1873, Hft. 1.

Zeichnungen der Hütte, Jahrg. 1857, Nr. 13 a b; Jahrg. 1861, Nr. 18 v w; Jahrg. 1866, Nr. 10; Jahrg. 1868, Nr. 8 a b c.

Die meisten Jahrgänge von Dingler's polytechnischem Journal, dem polytechnischen Centralblatt, Grothe's deutscher allgemeiner polytechnischen Zeitung, Armengaud, Publication industrielle und anderen technischen Zeitschriften enthalten theils Notizen, theils Abbildungen von Drehbänken und Theilen derselben.

Ueber Räderdrehbänke finden sich Mittheilungen und Abbildungen in

Heusinger von Waldegg, Handbuch für Eisenbahntechnik, Bd. 4, S. 242.

Ueber Walzendrehbänke (für Abdrehen von kalibrirten Eisenwalzen): Deutsche Industriezeitung, Jahrg. 1864, S. 938.
Dingler's Journal, Bd. 160, S. 252.

Ueber das Drehen von Kugeln findet sich eine ausführliche mit Abbildungen versehene Abhandlung von T. Rittershaus in der Zeitschrift zur Beförderung des Gewerbfleissses in Preussen, Jahrg. 51 (1872), S. 243.

---

## f. Fräse und Fräsmaschine.

Ein Werkzeug von der Form eines Rotationskörpers ist an seiner Aussenfläche verzahnt und macht die Hauptbewegung durch Drehung um seine Achse; die Schaltbewegung erfolgt durch ununterbrochenes, langsames Vorrücken entweder des Werkzeugs oder des Arbeitsstücks.

Ist also z. B. das Werkzeug scheibenförmig gestaltet, an dem Umfange verzahnt, und erfolgt der Vorschub in der Richtung seiner Tangente, so entsteht offenbar ein langer geradliniger Einschnitt von der Breite des Werkzeugs; zeigt der Umfang profilirte Gestalt, entspricht z. B. der Umriss der Form einer Zahnlücke bei Zahnrädern und ist ringsum verzahnt, so wird ein Einschnitt hervorgebracht, welcher jenem Profile der Fräse entspricht; und wenn beispielsweise die Fräse an dem Umfange eines Rades parallel der Achsenrichtung desselben vorbeigeführt wird, denselben schneidend, während ihre Drehungsachse rechtwinklig gegen ihre Bewegungsrichtung steht, so wird eine Zahnlücke ausgefräst, und man ist im Stande, ein vollständiges Zahnrad durch auf einander folgendes Ausfräsen sämmtlicher Zahnlücken herzustellen. Ist endlich die Stirnseite eines Cylinders oder Kegels mit Zähnen besetzt und der Vorschub erfolgt in der Ebene dieser Stirnseite, so entstehen gerade Flächen.

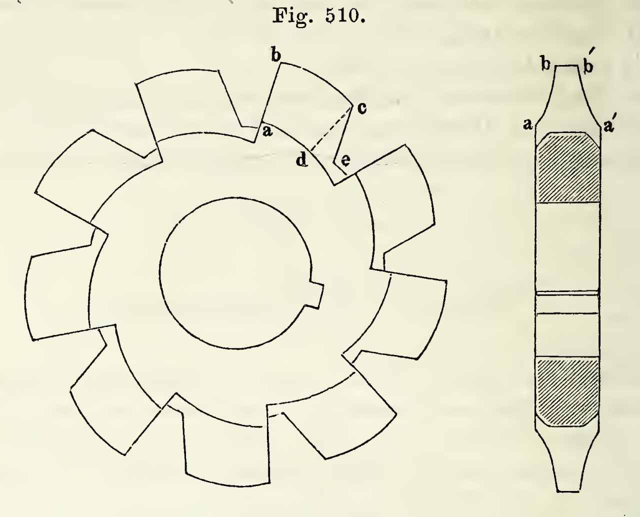
Diese ungemeine Mannigfaltigkeit der mit Hülfe der Fräse herzustellenden Formen, welche ohne dieselbe oft nur durch Handarbeit zu erzielen sein würden, macht dieselbe zu einem sehr wichtigen Werkzeuge der Metallverarbeitung; vorzugsweise geeignet in solchen Fällen, wo eine grössere Anzahl gleicher Körper angefertigt werden sollen, weil eine und dieselbe Fräse auch nur für eine und dieselbe Arbeit verwendbar zu sein pflegt, und fast jede neue Form eines Arbeitsstücks auch die Anfertigung einer neuen Fräse erforderlich macht.

Die einzelnen Schneiden der Fräsen werden meisselartig nach den früher entwickelten Grundsätzen construirt.

Die Figur 510 a. f. S. stellt eine Fräse zum Ausfräsen von Zahnlücken dar. Die Schneidkante $a\,b\,b'\,a'$ zeigt das genaue Profil der Zahn-

lücke; sie ist nahezu radial gegen die Drehungsachse der Fräse gerichtet, und der Rücken des schneidenden Zahns ist derartig gestaltet, dass

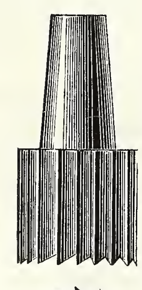
Fig. 510.

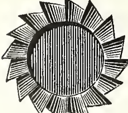



das Zahnprofil in seiner radialen Stellung einer einwärts laufenden Spirale *b c* entlang geführt wird, man also beim Stumpfwerden der Schneidkante nur nöthig hat, die Vorderseite *a b* mit einem Schleifsteine anzuschleifen, um immer wieder dasselbe Profil der Schneidkante zu erhalten, so lange bis von jedem Zahne nur noch der Rest *c d e* übrig ist. Solche scheibenförmigen Fräsen nennt man Schneidscheiben oder Schneidräder.

In Figur 511 ist eine cylindrische Fräse mit Schneiden auf der Stirnseite und Mantelfläche abgebildet, welche vorzugsweise zur Herstellung ebener Flächen und rechtwinkliger Ansätze gebraucht wird. Für letztern Zweck werden zwei rechtwinklig gegen einander gerichtete Flächen gleichzeitig bearbeitet, die eine durch die Stirn-, die andere durch die Mantelschneiden.

Fig. 511.





Wird der Durchmesser der Fräse ein sehr beträchtlicher — über 250 Mm. —, so pflegt man die Schneiden für sich aus Stahl zu fertigen und in den meistens gusseisernen Körper oder Kopf der Fräse einzusetzen. Eine solche Fräse heisst Messerkopf und wird vorzugsweise zur Bearbeitung grösserer ebener Flächen gebraucht.

Die Bewegung der Fräse beziehentlich des Arbeitsstücks erfolgt in den meisten Fällen durch Maschinen. Für manche Zwecke lässt sich recht gut die Drehbank benutzen, wenn man die Fräse an dem Kopfe der Dreh-

banksspindel, das Arbeitsstück an dem Supporte befestigt und so vor der Fräse vorbeiführt, nach Erforderniss in der Achsenrichtung der Drehbank oder wie beim Plandrehen gegen dieselbe.

Wo jedoch die Arbeit des Fräsens häufig vorkommt, zieht man es vor, besondere Fräsmaschinen dafür anzuwenden. Schon die Thatsache, dass eine Fräse, wenn sie vortheilhaft arbeiten soll, erfahrungsgemäss eine erheblich grössere Umfangsgeschwindigkeit erhalten muss, als eine gewöhnliche Drehbank zu geben im Stande ist, spricht für die Einrichtung einer Fräsmaschine. Da nun, wie schon oben hervorgehoben wurde, die Anwendung der Fräsen besonders da zweckmässig erscheint, wo eine Massenanfertigung bestimmter Artikel stattfindet, so wird man von vornherein bei Construction der Fräsmaschinen den Eigenthümlichkeiten der jedesmaligen Gattung von Arbeitsstücken thunlichst Rechnung tragen, um die Arbeit möglichst zu erleichtern; und aus diesem Grunde erscheint keine andere Werkzeugmaschine für Metallverarbeitung in so verschiedenen äusseren Formen als die Fräsmaschine.

Im Wesentlichen finden sich zwei verschiedene Systeme für die Anordnung der gewöhnlichen Fräsmaschinen. Bei dem einen liegt das Arbeitsstück auf einem starken Aufspanntische fest, die Fräse, welche gewöhnlich an einer horizontalen Spindel befestigt ist, wird mit dem Spindelstocke an der Seite des Arbeitsstücks vorbeigeführt; bei dem andern Systeme steht der Spindelstock fest, während der Aufspanntisch als Kreuzsupport construirt ist und horizontal nach zwei gegen einander rechtwinkligen Richtungen selbstthätig verstellbar ist.

Eine Fräsmaschine der letztern Art, nach amerikanischem Muster von L. Löwe u. Co. in Berlin gebaut [1]), zeigen uns die Figuren 512 (a. f. S.) und 513. Man nennt sie Universalfräsmaschine, weil sie, wie die Beschreibung lehren wird, mit Einrichtungen versehen ist, welche es möglich machen, die Fräse in sehr verschiedenartiger Weise zu benutzen: zum Fräsen von ebenen Flächen, von schraubengangförmigen Einschnitten auf Cylindermänteln, von Zahnrädern u. s. f.

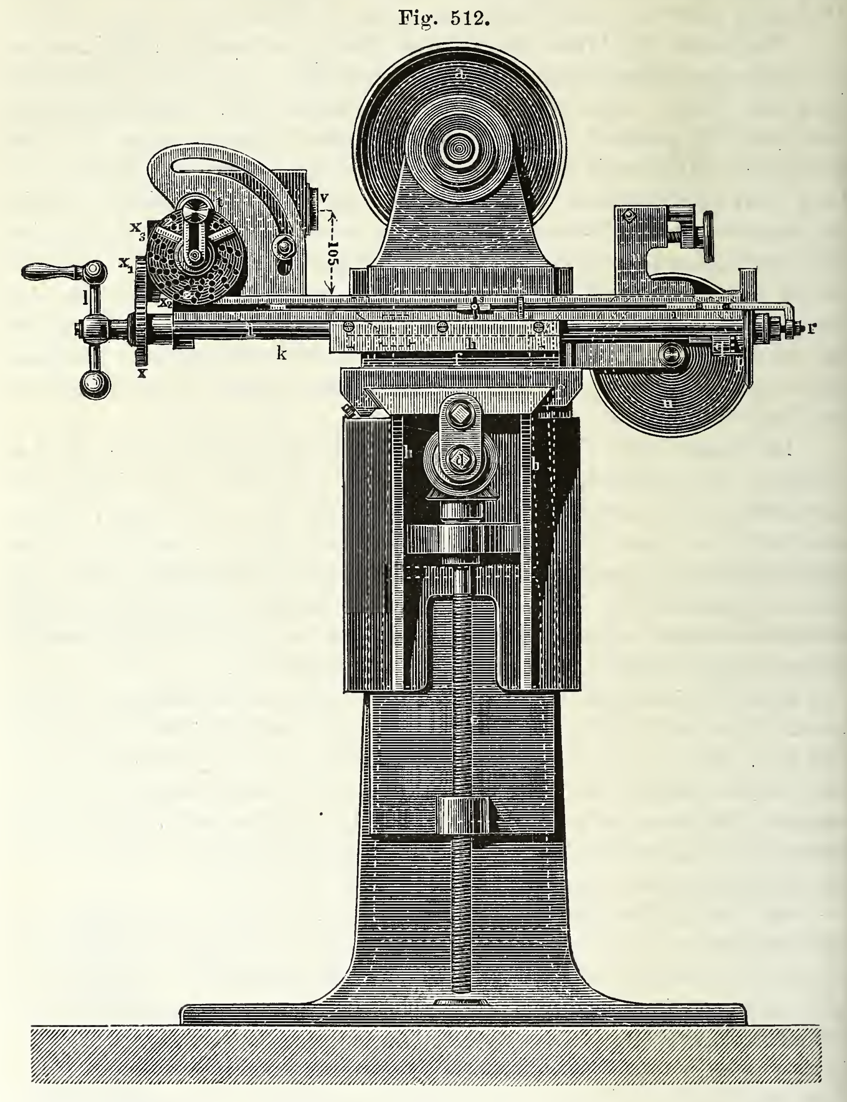
Auf der horizontalen Spindel *a*, welche in dem Spindelstocke in eigenthümlicher und zweckmässiger, aus Fig. 513 ersichtlicher Weise gelagert ist, sitzt die Stufenscheibe, welche den Antrieb von der Transmission aus aufnimmt. In dem vordern Ende von *a* befindet sich eine lange conische, genau centrische Oeffnung, in welcher die Fräse befestigt wird. An der vordern Seite der Maschine unterhalb des Werkzeugs ist der Tisch zur Aufnahme des Arbeitsstücks ersichtlich. Derselbe besteht zunächst aus dem consolenartigen Untertheile *b*, an senkrechten prismatischen Leisten des Ständers geführt und vermittelst der Schraubenspindel *c*, welche mit Hülfe von ein Paar Winkelrädern von dem Kurbelzapfen *d*

---

[1]) Die amerikanische Firma, welche die Construction dieser Maschine zuerst zur Anschauung brachte, ist die Brown & Sharpe Manufacturing Co. in Providence, Rhode Island.

aus von Hand ihre Drehung erhält, in seiner Höhenstellung veränderlich gemacht. Die Schraubenspindel *e* dient zur genauen Begrenzung des

Fig. 512.

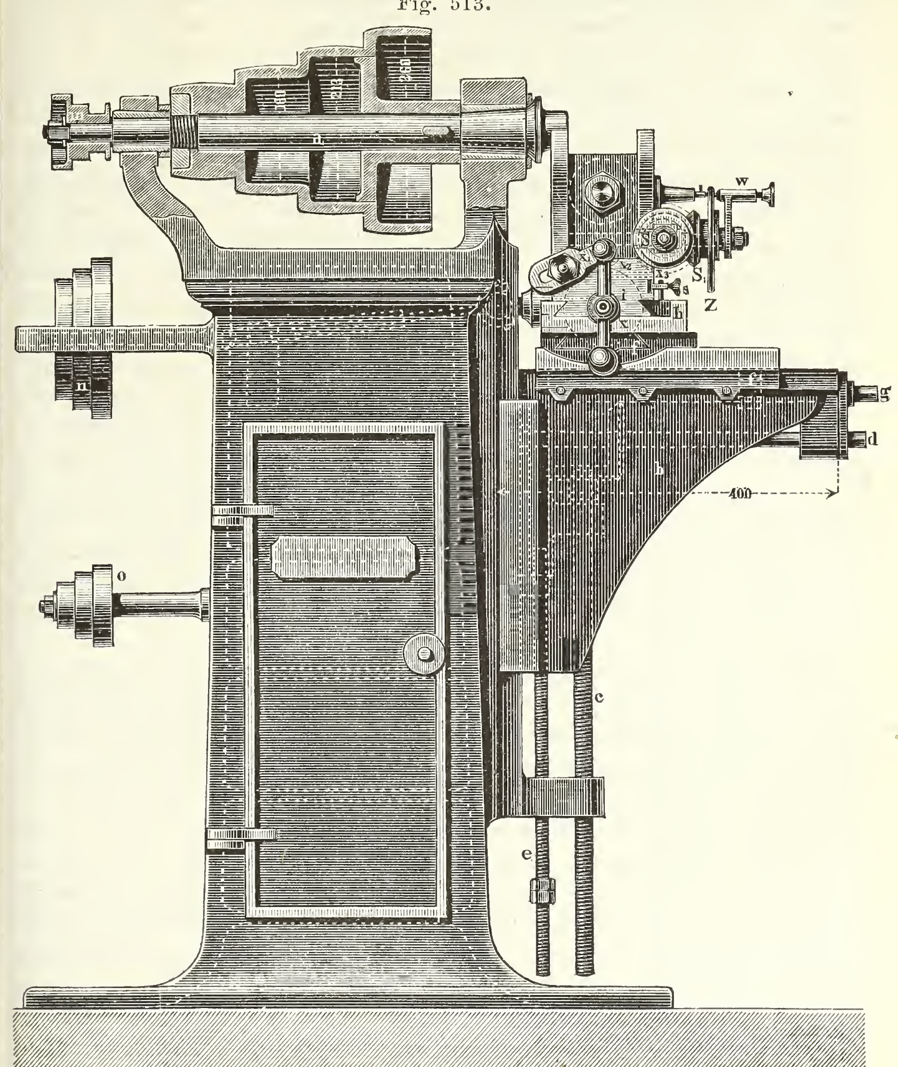



Hubes, wobei die auf ihr befindlichen verstellbaren Schraubenmuttern als Anschlag dienen.

Auf dem Untertheile *b* gleitet parallel der Richtung der Spindelachse der Schlitten *f*, von dem Kurbelzapfen *g* aus mittelst einer horizontalen, in dem Untertheile *b* gelagerten und durch eine am Schlitten befestigte Schraubenmutter hindurchgeführten Schraubenspindel bewegt. Auf *f* ist mit conischem Zapfen die Drehscheibe *h* befestigt, und in pris-

matischen Führungen dieser letztern bewegt sich die Tischplatte *i*, entweder genau rechtwinklig gegen die Bewegungsrichtung des Schlittens *f*

Fig. 513.




oder der Stellung der Drehscheibe *h* entsprechend mehr oder weniger schräg gegen dieselbe. Die Bewegung dieses letzterwähnten Theils erfolgt durch eine horizontale, in demselben gelagerte Schraubenspindel, welche durch eine auf *h* befestigte Mutter hindurchgeht und von welcher in Fig. 512 nur der untere, unter *i* vorstehende, mit *k* bezeichnete Rand sichtbar ist; und zwar entweder von Hand durch die Kurbel *l* oder selbstthätig von der Maschine aus. In Folge des Umstandes aber, dass,

wie soeben gezeigt wurde, die Tischplatte *i* gegen die Maschine verschiedenartige Stellungen einnehmen kann, ist für die selbstthätige Steuerung folgende eigenthümliche Bewegungsübertragung angewendet worden. Auf dem hintern Ende der Arbeitsspindel *a* sitzt die Stufenscheibe *m* und überträgt die Bewegung durch einen Riemen auf die Stufenscheibe *n*. Zur Vervielfältigung der Bewegungsgeschwindigkeit befindet sich unterhalb *n* eine dritte Stufenscheibe *o*; man kann also nöthigenfalls die Bewegung von *m* zunächst auf *o* und von dieser auf *n* übertragen lassen, doch genügt meistenstheils die directe Uebertragung von *m* auf *n*. *n* befindet sich auf dem Ende einer in Fig. 513 punktirt gezeichneten Welle, welche mit zwei Universalgelenken versehen und teleskopenartig verlängert und verkürzt werden kann, somit jeder Bewegung des Tischs Rechnung trägt. Auf dem andern Ende dieser Welle ist ein kleines, in der Abbildung nicht ersichtliches Winkelgetriebe befestigt, welches mit dem auf der Steuerungsspindel sitzenden Winkelrade *p* im Eingriffe steht und somit selbstthätige Drehung der Spindel bewirkt. Um jedoch nach beendigtem Durchgange des Arbeitsstücks selbstthätige Ausrückung der Tischbewegung herbeizuführen (welche Einrichtung den Arbeiter in Stand setzt, zwei Maschinen gleichzeitig zu bedienen), ist das Rad *p* lose auf der Steuerungsspindel und wird erst durch eine Klauenkupplung *q* mit ihr verbunden, deren eine Hälfte auf der Spindel mit Nuth und Feder verschiebbar befestigt ist, während die andere mit dem Rade *p* aus einem Ganzen besteht und sich demnach auf der Spindel dreht.

Die Leiste oder Feder, welche die Verbindung zwischen der Spindel und der Hälfte *q* herstellt, sitzt in der Nabe der letztern fest und wird innerhalb des erwähnten Längsschlitzes der Spindel von einem horizontalen Stifte erfasst, welcher innerhalb der Spindel verschiebbar ist, und dessen aus derselben vorstehendes Ende bei *r* mit einer langen, in einer Nuth der Tischplatte verschiebbaren, schmiedeeisernen Stange verbunden ist. Die Stange ist mit einem Längsschlitze versehen, in welchem ein Knaggen *s* in beliebigem Abstande vom Ende vermittelst einer Schraube befestigt werden kann. Bei der Bewegung des Tischs nach rechts (in Fig. 512) schlägt nun dieser Knaggen gegen den feststehenden Stift *t*, hindert dadurch die Weiterbewegung der Stange, und alsbald erfolgt Ausrückung der erwähnten Kupplung, der Tisch steht.

Das Arbeitsstück kann vermittelst eines kleinen Parallelschraubstocks auf der Tischplatte befestigt werden. Für gewisse Zwecke jedoch befindet sich ausserdem auf derselben eine Vorrichtung zum Einspannen des Arbeitsstücks zwischen Spitzen, auf einer Planscheibe oder in einem Futter, bestehend aus dem Spindelkasten *t* und dem Reitstocke *u* [1]). Die Spindel *v* des Spindelstocks ist hohl, dient zur Aufnahme einer Spitze,

---

[1]) Die aus Fig. 512 erkennbare Form des letztern weicht, dem amerikanischen Systeme entsprechend, etwas von der Form der bisher abgebildeten Reitstöcke ab.

einer Planscheibe oder eines Einspannfutters; auf dem hintern Ende sitzt ein Schneckenrad, welches durch eine Schnecke von der Kurbel $w$ aus (Fig. 513) bewegt werden kann, falls die Spindel in Umdrehung versetzt werden soll. Selbstthätig kann diese Drehung von der Steuerungsspindel her ausgeführt werden, indem man die Bewegung derselben durch das Getriebe $x$, die Wechselräder $x_1\,x_2$ und das Rad $x_3$ auf das Winkelräderpaar $y\,y_1$ überträgt, deren letzteres auf der Schneckenwelle des Spindelstocks festsitzt. Das Gehäuse, welches die Spindel trägt, ist zwischen den beiden Backen des Spindelstocks um die Schneckenwelle drehbar, so dass die Spindel auch in schräge und senkrechte Stellung gebracht werden kann, welcher Fall z. B. bei dem Fräsen von Zahnrädern vorkommt. Durch einen Bolzen mit Mutter, welcher in dem kreisbogenförmigen Schlitze der Backenstücke geführt ist, lässt sich das Spindelgehäuse in jeder dieser Stellungen festhalten; und da die Schneckenwelle selbst die Drehungsachse bildet, wird die Bewegung der Schnecke auch in jeder Stellung der Spindel auf diese übertragen.

Damit man endlich im Stande ist, eine intermittirende Drehung des auf der Spindel befestigten Arbeitsstücks um ein genau vorgeschriebenes Maass auszuführen (z. B. beim Fräsen von Zahnrädern um je eine Zahntheilung nach Beendigung einer Zahnlücke), sitzt lose auf der Schneckenwelle eine Theilscheibe $z$ mit einer grössern Zahl von Theilkreisen, deren Theilung durch versenkte Körnerpunkte markirt ist. Durch einen Stift in einem am Spindelstocke angegossenen Säulchen (vergl. Fig. 513) lässt sich die Theilscheibe feststellen, so dass die Schneckenwelle, auf welcher die Schlitzkurbel $w$ befestigt ist, sich frei innerhalb derselben dreht. Die letztere trägt auf ihrer Rückseite einen Federstift, der sich mit Hülfe des Kurbelschlitzes in jeden Abstand vom Drehungspunkte bringen lässt und in die betreffenden Körnerpunkte eingestellt wird. Es ist somit leicht, der Schneckenwelle durch Drehung der Kurbel gemäss der Theilung der Theilscheibe jedes beliebige Maass der Umdrehungen zu ertheilen: zur Vermeidung von Irrthümern in denjenigen Fällen, wo Bruchtheile einer ganzen Umdrehung ausgeführt werden sollen, befindet sich ein stellbares Zeigerpaar $z_1$ auf der Theilscheibe. Soll die Schneckenwelle z. B. $1^2/_{12}$ Umdrehungen machen, so stellt man den Federstift auf einen in 12 Theile getheilten Kreis, die Zeiger so weit aus einander, dass sie zwei Theile des Theilkreises einschliessen (also drei Löcher zwischen sich fassen), steckt den Federstift in das Loch 1, dann, nachdem eine volle Umdrehung gemacht ist, in das Loch 3; nun rückt man die Zeiger so viel weiter, dass der erste sich gegen den Stift legt, wobei dann der zweite die Stellung des Stifts nach der nächsten Umdrehung in dem Loche 5 anzeigen wird; u. s. f.

Es wird aus vorstehender Beschreibung der Maschine verständlich geworden sein, wie dieselbe für die mannigfachsten Verwendungen geeignet ist, je nachdem die eine oder andere Bewegungsrichtung des Tischs nebst Zubehör in Benutzung genommen wird. Spannt man zwischen

die Spitzen der beiden auf dem Tische befindlichen Docken einen Cylinder ein und setzt sowohl die selbstthätige Horizontalschaltung des Tischs als die Drehung der für die Aufnahme des Arbeitsstücks dienenden Spindel in Thätigkeit — also eine doppelte Schaltbewegung —, so entsteht unter Einwirkung einer scheibenförmigen Fräse ein vertiefter Schraubengang auf dem Umfange des Arbeitsstücks, eine Verwendung der Maschine, welche bei Anfertigung der sogenannten Spiralbohrer vielfach vorkommt.

Die Fräse ist nicht nur ein in seiner Anfertigung kostspieliges Werkzeug, dessen Herstellung die grösste Aufmerksamkeit erfordert, wenn sie eben ihren Zweck in vollkommener Weise erreichen soll, sondern es hat auch jedes Stumpfwerden der Schneiden eine weit schwierigere Wiederherstellungsarbeit zur Folge, als bei den einfachern Messern anderer Werkzeugmaschinen. Die Construction der Fräse in solcher Weise, dass nicht allein jede der Schneiden richtig geformt ist, sondern dass auch alle Schneiden in genauer Weise zusammenwirken — wozu vorzüglich ein sicheres Rundlaufen, also vor Allem eine genau runde Form der Fräse erforderlich ist —, und dass endlich jenes Schärfen in möglichst einfacher Weise und ohne Nachtheil für die Beschaffenheit der Fräse zu erreichen sei, ist demnach eine wichtige Aufgabe, wenn die Anwendung der Fräsen und Fräsmaschinen überhaupt einen günstigen Erfolg liefern soll.

Wie die Construction von Werkzeugmaschinen für Specialzwecke vorzugsweise in den Vereinigten Staaten Nordamerikas auf eine hohe Stufe der Ausbildung gelangt ist, so verdanken wir auch ganz besonders hinsichtlich der Construction von Fräsen und Fräsmaschinen viele bemerkenswerthe Fortschritte den Nordamerikanern.

Von Wichtigkeit für die Erreichung jener Aufgabe einer Fräse ist die Anzahl der Schneiden auf bestimmter Länge oder richtiger ihr Abstand von einander und ihre Grösse. Während man bei uns bis vor Kurzem vorwiegend feingezahnte Fräsen mit 0,5 bis höchstens 4 Mm. Theilung (Abstand im Theilkreise) anwandte, giebt man in Nordamerika durchweg grosse und grobe Zähne. Bei einer Fräse mit feiner Zahntheilung wird wie bei einer Feile der Raum zwischen den einzelnen Zähnen bald mit feinen Spänen angefüllt. In Folge dessen verliert die Feile ihre Wirksamkeit, statt des Schneidens entsteht ein Schaben und die Schneidkante wird rasch stumpf. Bei der feinen Theilung ist eine Zuschärfung nur möglich, indem die Fräse ausgeglüht, mit einem Werkzeuge nachgeschnitten und wieder gehärtet wird. Das Ausglühen ohne Hämmern benachtheiligt aber die Eigenschaften des Stahls und das Härten hat sehr leicht ein Verziehen der Fräse zur Folge, welche nunmehr in Folge dessen nicht mehr rund läuft. Macht man aber die Zähne (Schneiden) und ihre Entfernung von einander grösser, so nimmt jeder derselben einen entsprechend grossen Span, welcher vermöge seines eigenen Gewichts herausfällt. Ist aber die Schneide endlich stumpf ge-

worden, so lässt sich das Anschärfen bei der Grösse des Zahns durch Schleifen bewirken, was bei kleinen Zähnen unmöglich sein würde, und man erspart nicht allein dadurch Arbeit, sondern umgeht auch die soeben erwähnten nicht unerheblichen Nachtheile des Ausglühens und Härtens [1]). Selbstverständlich muss bei der Form des Zahns von vornherein auf dieses spätere Zuschärfen durch Schleifen Rücksicht genommen werden; die auf S. 666 in Fig. 510 abgebildete Fräse giebt ein Beispiel hierfür.

Als zweckmässige Umfangsgeschwindigkeit der Fräse rechnet man bei Schmiedeeisen 150 bis 180 Mm. per Secunde, bei Gusseisen 180 bis 200 Mm. per Secunde; bei Maschinen mit Messerkopf, deren Schneiden leichter zu schärfen sind, giebt man sogar eine Umfangsgeschwindigkeit bis zu 250 Mm. Die Schaltung schwankt nach dem Durchmesser der Fräse von 0,1 bis 1,5 Mm. per Umdrehung.

Für die Berechnung des Arbeitsverbrauchs giebt Hartig die Formel:

$$N = N_0 + \varepsilon G,$$

worin $N_0$ den Arbeitsverbrauch im Leergange, $G$ das stündlich abgefräste Materialquantum bezeichnet und $\varepsilon$ den Arbeitsverbrauch für 1 Kilogramm Spangewicht per Stunde; für Gusseisen beträgt

$\varepsilon = 0{,}07$ Pferdestärken bei mittelscharfen Schneiden;

$\varepsilon = 0{,}24$ Pferdestärken bei Abfräsen der Gusshaut.

$N_0$ schwankt zwischen 0,1 bis 0,55 Pferdestärken.

Für Veranschlagungen des Kraftbedarfs wird man 0,5 bis 1 Pferdestärke pro Maschine rechnen können.

---

## Literatur über Fräsen und Fräsmaschinen.

Ausser den auf S. 569 mitgetheilten Werken:

Zeichnungen der Hütte, Jahrg. 1858, Taf. 32, Jahrg. 1859, Taf. 12, Jahrgang 1863, Taf. 32 a b, Jahrg. 1864, Taf. 33.

Uhland's Maschinenconstructeur, Jahrg. 1870, S. 277, Jahrg. 1871, S. 148, Jahrg. 1872, S. 5, Jahrg. 1873, S. 356.

Armengaud, Publication industrielle, Bd. 3, S. 44, Bd. 5, S. 257, Bd. 8, S. 357, Bd. 14, S. 371, Bd. 17, S. 367, Bd. 19, S. 89 und 335, Bd. 20, S. 12, Bd. 21, S. 2.

Dingler's polytechnisches Journal, Polytechnisches Centralblatt, Deutsche Industriezeitung, Deutsche Allgemeine polytechnische Zeitung und andere mehr in fast allen Jahrgängen.

---

## g. Geräthe zum Ausbohren.

Wenn bei der rohen Formgebung ein Arbeitsstück eine cylindrische Oeffnung erhalten hatte, welche einer Nacharbeit durch Wegnahme von

[1]) Vergl. Wencelides, op. cit., S. 109.

Spänen vermittelst eines schneidenden Werkzeugs bedarf, um den erforderlichen Grad von Genauigkeit zu erhalten, so nennt man diese letztere Arbeit „Ausbohren". Das Ausbohren geschieht, indem man einen um seine Achse sich drehenden, an einer längern Stange (der Bohrwelle, Bohrstange oder Bohrspindel) befindlichen Bohrkopf, an dessen Aussenfläche eine oder mehrere radiale Schneiden (Bohrschneiden, Bohrmesser) befestigt sind, langsam durch die vorhandene Oeffnung hindurchführt, wobei die Schneiden Späne abnehmen. Ist die auszubohrende Oeffnung klein im Durchmesser, so befestigt man die Messer auch ohne eigentlichen Bohrkopf ohne Weiteres in der Bohrstange. Die in einer Drehung um die Achse bestehende Hauptbewegung wird demnach stets durch das Werkzeug bewirkt; die geradlinige Vorschiebung in der Achsenrichtung entweder durch das Werkzeug oder das Arbeitsstück.

Die Arbeit des Ausbohrens hat mithin eine gewisse Aehnlichkeit mit der Arbeit des Fräsens, unterscheidet sich jedoch wesentlich von derselben dadurch, dass beim Ausbohren die Schneiden ununterbrochen im Angriffe bleiben, während sie sich beim Fräsen gegenseitig abwechseln. Daher ist auch die Bewegung beim Ausbohren eine erheblich langsamere als beim Fräsen.

Die Anwendung mehrerer Bohrmesser auf demselben Bohrkopf dient nicht allein zur Beschleunigung der Arbeit, sondern ist auch deshalb zweckmässig, weil bei einem einzelnen eine Verbiegung der Bohrwelle und somit die Entstehung eines unrunden Lochs durch den einseitigen Druck sehr leicht eintreten kann. Die Zahl der Schneiden pflegt demnach mindestens zwei und höchstens acht zu betragen.

Die Befestigung der Schneiden geschieht bei kleineren Vorrichtungen dieser Art häufig nur mit Hülfe eines Schlitzes in der an dieser Stelle etwas im Durchmesser verstärkten Bohrstange, in welchem das Schneidmesser durch einen Keil festgehalten wird. Derartig befestigte Bohrmesser können noch zum Ausbohren von Löchern mit 200 Mm. Durchmesser benutzt werden, wobei allerdings die Bohrstange selbst schon einen Durchmesser von mindestens 100 Mm. erhalten muss; für grössere Löcher befestigt man die Schneiden in dem schon erwähnten Bohrkopfe, welcher gewöhnlich aus Gusseisen gefertigt ist und eine genaue Einstellung der Messer vermittelst Keile und Schrauben ermöglicht.

Nur selten und nur in Werkstätten, welche mit maschinellen Vorrichtungen nicht versehen sind, erfolgt die Bewegung der Bohrstange von Hand, wobei natürlich nur sehr schwache Spänchen genommen werden können. Das Ende der Bohrstange ist für diesen Zweck vierkantig ausgeschmiedet, um ein langes Querheft darüber stecken zu können (Wendeisen genannt), an dessen beiden Enden gedreht wird. Sollen vier Arbeiter gleichzeitig anfassen, so schmiedet man das Wendeisen in Form eines grossen Kreuzes. Die Vorrichtung heisst Cylinderbohrer. Der Messerkopf ist häufig nur aus Holz mit eingesetzten Messern gefertigt.

Für conische Oeffnungen, z. B. in einem Hahngehäuse, muss der Kopf nebst Messern natürlich ebenfalls conisch geformt sein.

Bei den Maschinen, welche zum Ausbohren benutzt werden, ist die Bohrstange an beiden Enden gelagert, um eine sichere Führung der Messer zu gewähren; die Schneiden und mithin auch das auszubohrende Arbeitsstück, durch dessen Oeffnung die Bohrstange hindurchgeht, befinden sich zwischen den Lagern. Ein leicht zu bewirkendes Ausheben der Bohrstange aus ihren Lagern ist demnach erforderlich, um das Arbeitsstück an seine Stelle bringen und die Bohrstange hindurchstecken zu können.

Die Construction dieser Ausbohrmaschinen weicht insofern von einander ab, als man den Vorschub entweder von dem Arbeitsstücke oder von dem Werkzeuge ausführen lässt. Letzterer Fall ist, wie schon erwähnt, der gebräuchlichere und beim Ausbohren schwerer Arbeitsstücke allein anwendbar; der erstere Fall kommt vor, wenn man eine Drehbank mit selbstthätigem Vorschube zum Ausbohren benutzt, die Bohrwelle mit der Drehbanksspindel verbindet, das Arbeitsstück auf dem Supportschlitten befestigt, welcher in diesem Falle mit entsprechend ausladendem Fusse versehen wird und in solcher Weise den Vorschub des Arbeitsstücks bewirkt [1]). Bei Maschinen jedoch, welche vorwiegend zum Ausbohren bestimmt sind, pflegt auch für kleinere Arbeitsstücke der Vorschub durch die Bohrwelle ausgeführt zu werden, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass dieselbe Maschine nach Ein- und Ausschaltung der betreffenden Schaltungsmechanismen auch zum Drehen und Fräsen benutzt werden kann.

Solche kleineren Ausbohrmaschinen, deren äussere Form gewöhnlich derjenigen einer Fräsmaschine ähnelt und welche zum Ausbohren von Lagern, Kuppelmuffen, kleinen Dampf- und Pumpencylindern und dergleichen benutzt werden, haben stets eine horizontale Bohrwelle und heissen insbesondere Horizontalbohrmaschinen; die grossen Maschinen, zum Ausbohren grosser Dampf-, Pumpen- und Gebläsecylinder dienend, haben theils horizontale, theils verticale Bohrspindeln und werden Cylinderbohrmaschinen genannt.

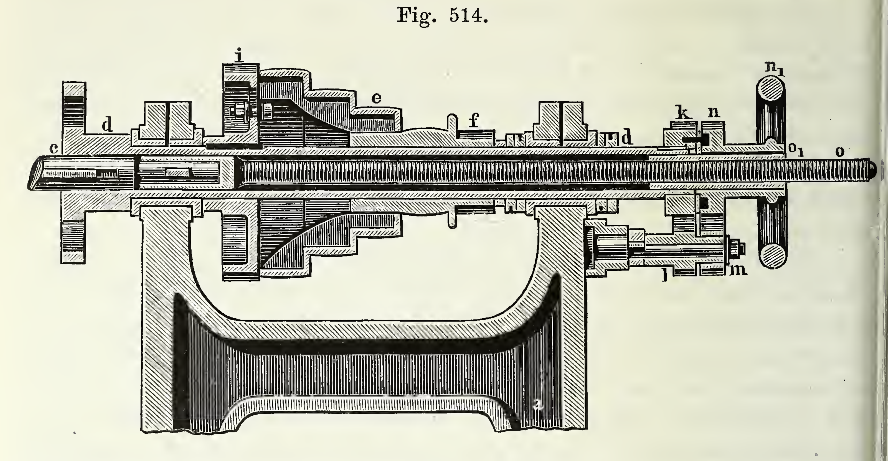
Die Art und Weise, wie bei den Horizontalbohrmaschinen die Schaltbewegung der Bohrspindel bewirkt wird, ergiebt sich aus der Figur 514 a. f. S., einen senkrechten Schnitt durch den Spindelstock einer solchen Maschine darstellend [2]). Auf der hohlen Spindel *d* sitzt das Stirnrad *i* und empfängt seine Bewegung von der Stufenscheibe *c* entweder durch directe Verbindung oder durch ein seitliches Vorgelege, welches von dem kleinen Getriebe *f* aus betrieben wird, je nachdem langsame oder rasche Drehung erforderlich ist. In jener Hohlspindel steckt die

[1]) Vergl. die in Figur 490 und 493 auf Seite 644 gegebene Abbildung einer derartigen Drehbank.

[2]) Hart, Werkzeugmaschinen, Tafel 26, Figur 5.

Bohrspindel $c$, durch Nuth und Feder mit ihr verbunden und deshalb jede Drehung derselben mitmachend, doch in der Achsenrichtung ver-

Fig. 514.



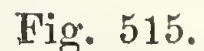

schiebbar, und die Schraubenspindel $o$ mit einem Kopfe, in welchem das Ende der Bohrspindel durch einen Keil befestigt ist. Zur Längsbewegung der Schraubenspindel $o$ dient nun das sogenannte Differenzialgetriebe $k\,l\,m\,n$. Von diesen vier Rädchen sitzt $k$ fest auf dem Ende der hohlen Spindel $d$; $l$ und $m$ sitzen auf einer gemeinschaftlichen Achse und bilden zusammen ein Stück, $n$ sitzt auf der Schraubenmutter $o_1$ fest, welche auf der Schraubenspindel $o$ befestigt ist. Das Uebersetzungsverhältniss der Räder $k : l$ ist ein etwas kleineres als das Uebersetzungsverhältniss $m : n$; dadurch erhält die Schraubenmutter $o_1$ eine abweichende Geschwindigkeit und somit eine relative Drehung gegen die mit der Spindel sich drehende Schraube; und da die Mutter an einer Längenverschiebung gehindert ist, erfolgt eine solche für die Schraube und Bohrspindel.

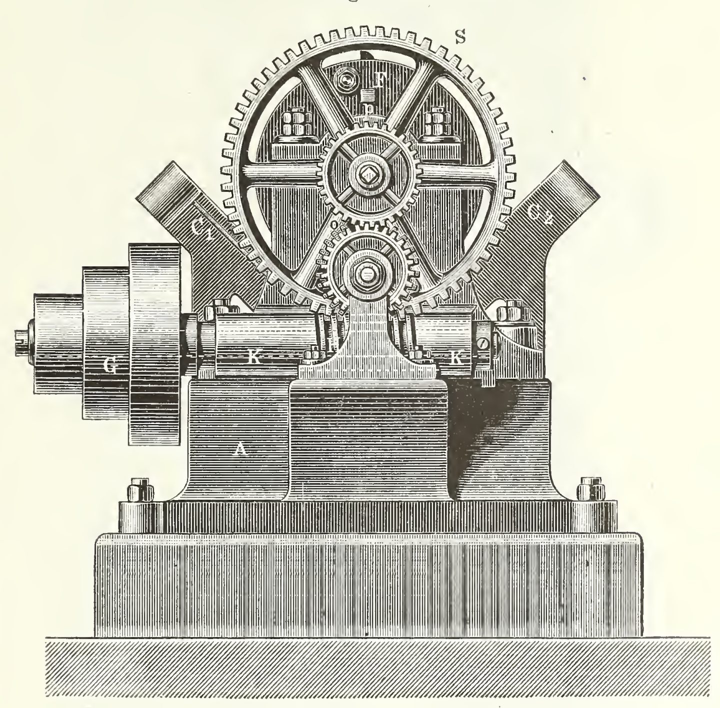
Um die letztere nach ihrem Durchgange leer zurückzuführen, benutzt man das mit dem Stirnrädchen $n$ aus einem Stücke gegossene Handrad $n_1$, nachdem die Rädchen $l$ und $m$ ausgerückt sind. Die Achse derselben ist zu diesem Zwecke mit einem excentrischen Zapfen an dem Spindelstocke gelagert und durch eine halbe Umdrehung wird die Ausrückung bewirkt.

*a* ist der Ständer der Maschine, mit dem Spindelstocke in einem Stücke gegossen und unten mit solidem Fusse versehen. An der Seite, wo die Bohrspindel hervorragt, befindet sich ein meistens consolenförmig construirter Tisch, zum Höher- oder Niedrigerstellen eingerichtet, auf welchem sowohl das Arbeitsstück als auch ein Setzstock (Lagerbock) befestigt wird, um das andere Ende der Bohrspindel zu stützen. Soll, wie es meistens der Fall ist, die Maschine auch zum Drehen und Fräsen benutzbar sein, so ist der Tisch mit einem Kreuzsupporte von bekannter Einrichtung versehen, welcher selbstthätig geschaltet wird und beim

Drehen das Werkzeug, beim Fräsen das Arbeitsstück aufnimmt. Die Rädchen *l* und *m* werden dann ausgerückt, das Getriebe *k* mit einem seitlich gelagerten Rädchen in Eingriff gebracht und von diesem aus wird die Schaltbewegung auf eine Leitspindel übertragen, welche sie auf den Support fortpflanzt. Beim Fräsen wird statt der Bohrspindel eine Fräse in *d* befestigt; beim Drehen eine Spitze; und wenn man die Maschine zum Plandrehen benutzen will, ist der Mitnehmerkopf *d* zum Abschrauben eingerichtet, um an seiner Stelle eine Planscheibe aufschrauben zu können.

Da die Bohrspindel der Horizontalbohrmaschinen den Vorschub selbst ausführt, so muss ihre Länge incl. der Schraube mehr als das Doppelte


Fig. 515.




von der Länge des auszubohrenden Arbeitsstücks betragen. Bei diesen kleineren Maschinen ist dieser Umstand ohne Belang; bei grossen Maschinen aber, den eigentlichen Cylinderbohrmaschinen, würde eine solche bedeutende Länge der Bohrspindel mancherlei Unbequemlichkeiten hervorrufen. Man zieht es deshalb bei den grösseren Cylinderbohrmaschinen gewöhnlich vor, den Bohrkopf auf der Spindel verschiebbar zu machen und somit von diesem allein die Fortrückung ausführen zu lassen, während die Bewegung der Spindel lediglich in einer Drehung besteht. Die Figuren 515 und 516 stellen eine solche horizontale Cylinderbohr-

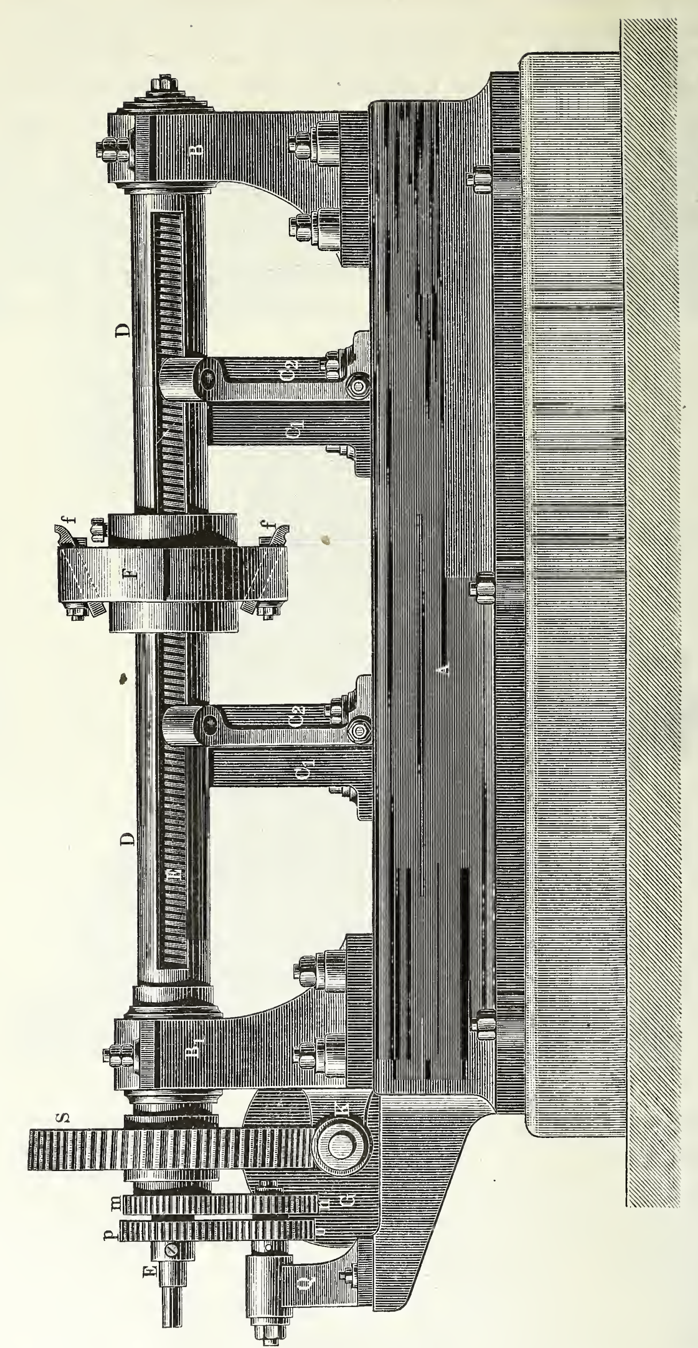



Fig. 516.

maschine mit fortrückendem Bohrkopfe in $^1/_{15}$ der wirklichen Grösse dar (Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik).

Auf dem gusseisernen kastenförmigen Untersatze $A$ sind die Lagerstühle $B$ und $B_1$ aufgeschraubt, welche zum Tragen der Bohrspindel dienen. Zwischen denselben sind die starken, zur Aufnahme des auszubohrenden Cylinders dienenden Tragböcke $C_1$ $C_2$ angebracht, auf denen der Cylinder durch übergelegte Schmiedeeisenanker, in Schrauben endigend, sicher und centrisch zur Bohrwelle befestigt werden kann. Um der Verschiedenheit der Cylinderdurchmesser Rechnung zu tragen, sind je zwei zu einander gehörige Tragböcke quer gegen die Längenrichtung der Maschine verschiebbar (ähnlich wie die Klauen einer Centrirmaschine S. 38), wobei, wie aus Fig. 516 hervorgeht, ihre Seitenflächen neben einander vorbeigehen. Die Verschiebung wird von Hand mit Hülfe von Schrauben bewirkt und die Böcke in der gewählten Stellung durch starke Schrauben auf dem Untertheile festgestellt. Die gusseiserne Bohrspindel $D$ ist hohl und trägt in ihrem Innern die lange, an dem linken Ende mit einem Zapfen frei herausragende und unabhängig von $D$ drehbare Schraubenspindel $E$. Auf der an der Aussenfläche gedrehten Bohrspindel sitzt der Bohrkopf $F$ mit den Schneidstählen $ff$, welche in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise durch je einen Keil mit Schraube in dem Kopfe befestigt sind. Der Bohrkopf trägt an seiner Innenseite eine in der Abbildung nicht sichtbare Schraubenmutter, welche durch den langen in Fig. 516 sichtbaren Schlitz der Bohrspindel hindurch in das Innere derselben hineingreift und die dort befindliche Schraubenspindel umfasst. Während also der Bohrkopf gezwungen ist, die Drehung der Bohrspindel mitzumachen (wobei die in den Schlitz greifende Mutter als Mitnehmer dient), muss zugleich eine Längsverschiebung desselben stattfinden, sobald die Drehung der innern Schraubenspindel $E$ von der Drehung der Hohlspindel $D$ abweicht. Von der Deckentransmission aus erhält zunächst die Stufenscheibe $G$ ihren Antrieb und überträgt die Bewegung durch die auf ihrer Welle befestigte Schnecke $H$ unter stark verlangsamender Uebersetzung auf das Schneckenrad $S$, welches auf der Bohrspindel $D$ festsitzt und somit auch diese in Drehung versetzt. Zur Unterstützung der Antriebwelle mit Stufenscheibe und Schnecke dienen die beiden an dem Lagerstuhle $B_1$ angegossenen Lagerhülsen $KK$. Von der Bohrspindel aus erfolgt nun die abweichende Drehung der Schraubenspindel $E$ vermittelst des Differenzialgetriebes $mnop$ in ganz gleicher Weise wie in Fig. 514. $m$ sitzt fest auf der Bohrwelle, $p$ auf der Schraubenspindel; $n$ und $o$ befinden sich zusammengekuppelt auf einer gemeinschaftlichen, in dem kleinen Lagerstuhle $Q$ befestigten Achse. Die Uebersetzung $m:n$ ist eine andere (kleinere) als $o:p$; $E$ erhält demnach eine etwas langsamere Drehung als $D$ und schiebt dadurch den Bohrkopf $F$ langsam in der Achsenrichtung vorwärts.

Die Zurückführung des Bohrkopfs nach beendigtem Durchgange geschieht von Hand, indem man eine Kurbel auf das vierkantig ge-

schmiedete Ende der Schraubenspindel steckt und in entsprechender Richtung dreht, nachdem die Rädchen *o* und *n* losgenommen worden sind.

Bei den senkrechten Cylinderbohrmaschinen ist die innere Einrichtung der senkrecht stehenden Bohrspindel im Wesentlichen die nämliche als bei den horizontalen; statt des gusseisernen Rahmens oder Betts, welches zum Tragen der Constructionstheile einer horizontalen Cylinderbohrmaschine dient, besitzt eine senkrechte Maschine eine Fundamentplatte mit Lagerbüchse für den einen Zapfen der Bohrwelle und einen von Säulen getragenen Rahmen, welcher das Lager für den andern Zapfen enthält und zugleich als Unterstützung für den Mechanismus zur Bewegung der Schraubenspindel (Differenzialgetriebe) benutzt zu werden pflegt. Der Antrieb der Bohrwelle erfolgt gewöhnlich an dem untern Zapfen unterhalb der erwähnten Fundamentplatte.

Die senkrechten Cylinderbohrmaschinen sind schwieriger in ihrer Bedienung und deshalb im Allgemeinen weniger häufig als die horizontalen. Ihre Anwendung ist jedoch nothwendig, wenn Cylinder von sehr grossem Durchmesser ausgebohrt werden sollen (z. B. grosse Gebläsecylinder), welche für stehende Maschinen bestimmt sind und vermöge ihres eigenen Gewichts eine Zusammendrückung erfahren, also elliptischen Querschnitt erhalten, sobald sie in liegende Stellung gebracht werden. Wird nun ein solcher Cylinder auf einer horizontalen Cylinderbohrmaschine rund ausgebohrt und dann aufgerichtet, so nimmt er alsbald seine normale Form wieder an und wird dadurch im Innern elliptisch. Umgekehrt würde ein grosser Cylinder für liegende Maschinen elliptischen Querschnitt erhalten, wenn er auf einer senkrechten Cylinderbohrmaschine ausgebohrt und dann in horizontale Lage gebracht würde.

Es ist noch der Fall denkbar, dass Oeffnungen ausgebohrt werden sollen, welche innerhalb des Arbeitsstücks endigen, nicht hindurchgehen. Bei Anfertigung von Geschützwaffen (Kanonen, Gewehrläufen u. s. w.) ist dieser Fall nicht selten. Ausbohrmaschinen der beschriebenen Art, in welchen die Bohrspindel an beiden Enden unterstützt ist, sind dann natürlich nicht zu verwenden. Der Bohrkopf muss an dem einen Ende der Spindel befestigt und diese in solider Weise gelagert sein, um jede Verbiegung zu vermeiden. Gewöhnlich liegt sie horizontal; senkrechte Maschinen haben dieselben Nachtheile wie die senkrechten grossen Cylinderbohrmaschinen, ohne dass, wie bei jenen, ihre Anwendung durch Eigenthümlichkeiten der Arbeitsstücke nothwendig würde. Häufig macht das Arbeitsstück die Hauptbewegung (Drehung) und der Bohrkopf rückt gegen dasselbe vor; bisweilen liegt das Werkzeug ganz still und das Arbeitsstück macht beide Bewegungen.

Wie bei jeder andern Bearbeitung metallener Arbeitsstücke durch Werkzeuge pflegt man beim Ausbohren erst durch Wegnahme starker Späne mit starkem Vorschube zu schroppen und dann durch Schlichten mit langsamem Vorschube die Arbeit zu beendigen. Während man beim

Schroppen gewöhnlich mehrere Stähle zugleich angreifen lässt, pflegt beim Schlichten nur ein einziger im Angriffe zu stehen; und sollte durch den einseitigen Druck, welcher beim Schlichten jedoch schwächer ausfällt, ein Verbiegen der Bohrwelle zu befürchten sein, so lässt sich dieses verhindern, indem man dem Stahle gegenüber ein Holzstückchen in den Bohrkopf einsetzt.

Die zweckmässige Umfangsgeschwindigkeit ist bei kleineren Horizontalbohrmaschinen:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| beim Ausbohren von Stahl . . . . | 30 | bis | 40 | Mm. | per Secunde, |
| „ „ „ Gusseisen. . . | 60 | „ | 70 | „ | „ „ |
| „ „ „ Schmiedeeisen . | 70 | „ | 80 | „ | „ „ |
| „ „ „ Messing, Bronze | 100 | „ | 120 | „ | „ „ |

die Schaltung 0,1 bis 0,5 Mm. per Umdrehung. Grosse Cylinderbohrmaschinen lässt man, um die bei dem grössern Durchmesser leichter eintretenden Erschütterungen zu vermeiden, etwas langsamer gehen und kann für die Hauptbewegung etwa 10 Mm. weniger als die obigen Werthe rechnen, während die Schaltung in Rücksicht auf die längere Zeitdauer per Umdrehung 0,25 bis 1 Mm. beträgt; nach Hartig soll die Zuschiebung (Schaltung) $^1/_{2500}$ der Umfangsgeschwindigkeit betragen.

Der Arbeitsverbrauch ist nach Hartig:

$$N = N_0 + \varepsilon\, G \text{ Pferdestärken,}$$

und hierin $\varepsilon$ für Gusseisen $= 0{,}034 + \frac{0{,}13}{f}$ Pferdestärken zu setzen, wobei $f$ den Spanquerschnitt in Qmm., $N^0$ wie in den früheren Formeln den Arbeitsverbrauch im Leergange, $G$ das Gewicht des stündlich zerspanten Metallquantums bedeutet.

Für kleine Cylinderbohrmaschinen genügt ein Arbeitsaufwand von $^1/_4$ Pferdekraft, welcher bei grossen Maschinen bis auf 4 Pferdekräfte sich steigern kann.

---

## Literatur über Geräthe zum Ausbohren.

Ausser den auf Seite 569 genannten Werken:

Zeichnungen der Hütte, Jahrg. 1864, Nr. 22 a b, Jahrg. 1870, Nr. 11.

Praktischer Maschinenconstructeur, Jahrg. 1868, S. 117.

Wiebe, Skizzenbuch, Jahrg. 1866, Hft. 2.

Deutsche Industriezeitung, Jahrg. 1869, S. 3.

Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 106, S. 96, Bd. 208, S. 2, Bd. 209, S. 3, Bd. 216, S. 477.

### h. Geräthe zum Lochbohren.

Wenn in einem vollen Metallstücke eine kreisrunde Oeffnung mit gerader Achse (ein Loch) hergestellt werden soll, so kann dieses — abgesehen von der früher besprochenen Methode des Lochens durch Abscheerung, welche, wie oben ausführlicher erläutert wurde, nur für eine beschränkte Anzahl von Fällen benutzbar ist und dann auch nicht einmal ein genau cylindrisches Loch liefert — mit Hülfe eines schneidenden Werkzeugs in zweierlei Weise ausgeführt werden.

Bei der ersten dieser beiden Methoden wird ein Werkzeug mit schmaler Schneide (dem Kreuzmeissel entsprechend) in einem Abstande gleich dem Halbmesser des herzustellenden Lochs um den Mittelpunkt des letztern herumgeführt und schneidet dabei einen cylinderförmigen Kern aus dem vollen Metalle aus. Zur Sicherung der Bewegung des schneidenden Werkzeugs muss dasselbe mit einer zu dem Loche centritrischen Spindel verbunden werden, welche in der Mitte des erwähnten Kerns eingesetzt wird und die Drehung auf das Werkzeug überträgt. Es ist klar, dass ein solches Verfahren nur in denjenigen Fällen Anwendung finden kann, wo das Loch durch das ganze Arbeitsstück hindurchgeht; denn so lange die Basis des Kerns in fester Verbindung mit dem Arbeitsstücke bleibt, würde ein regelrechtes Lostrennen desselben ohne Gefahr einer Beschädigung des Arbeitsstücks fast unmöglich sein. Andererseits aber verliert das Verfahren an Werth und wird schwieriger ausführbar, wenn der Durchmesser des Lochs überhaupt nur klein ist. Deshalb findet es vorzugsweise dann Anwendung, wenn in dünnen Metallstücken — Blechen — grosse Oeffnungen hergestellt werden sollen.

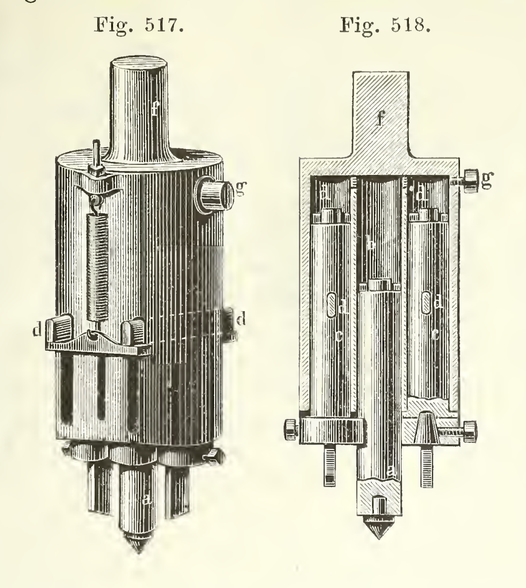
Da die Schneide bei ihrer Drehung ihrer Aufgabe entsprechend tiefer und tiefer in das Metall eindringt, so muss die mit ihr fest verbundene Spindel entweder gleichfalls diese Schaltbewegung des Werkzeugs mitmachen; und in diesem Falle muss in der Mitte der auszuschneidenden Metallscheibe bereits ein kleineres Loch für die Aufnahme und den Vorschub der Spindel vorhanden sein; oder es muss die Spindel in ihrer Achsenrichtung verschiebbar gemacht werden, in welchem Falle sie nur mit einer conischen Spitze in ein im Mittelpunkte der Scheibe gekörntes Grübchen eingesetzt zu werden braucht. Dabei muss aber natürlich die Spindel den zum Eindringen der Schneide in das Metall erforderlichen Druck auf diese übertragen; und hierdurch verliert die letztere Construction bedeutend an Einfachheit. Als Beispiel hierfür kann die in den Figuren 517 und 518 gegebene Abbildung eines solchen von Mc Kay erfundenen Bohrwerkzeugs dienen [1]).

*a* ist die Spindel mit conischer Spitze. Dieselbe bewegt sich kolbenartig in der Kammer *b*, während die zur Aufnahme der Werkzeug-

[1]) Dingler polytechnisches Journal, Bd. 217, S. 454.

stähle dienenden beiden Kolben *c c* in entsprechenden Kammern *d d* beweglich sind. Alle drei Kammern bilden den innern Theil des gusseisernen Gehäuses, stehen an dem obern Ende mit einander in Verbindung und die Kolben sind durch Lederstulpen in denselben gedichtet. Jeder der Kolben *c* trägt einen Stift *d*, welcher durch die Schlitze der Gehäusewand hindurch an beiden Seiten nach aussen tritt und hier auf einem gemeinschaftlichen Querstege ruht, welchem durch eine kräftige Spiralfeder das Bestreben ertheilt ist, die Stifte und mit ihnen die Kolben *c c* und Werkzeuge in die höchste Stellung zu bringen. Der Raum oberhalb der drei Kolben ist vollständig mit einer Flüssigkeit (Oel oder Wasser) gefüllt, welche durch das Schraubenloch *g* eingefüllt ist. In der Ruhe wird demnach wie in der Abbildung die Spindel die tiefste, die Schneiden die höchste Stellung einnehmen. Wird nun aber von oben her ein Druck gegen das Gehäuse ausgeübt, so wird die Spindel *a* emporgeschoben, die über ihr stehende Flüssigkeit in die Kammern *d d* gedrückt, deren gesammter Querschnitt gleich dem Querschnitte der Kammer *b* ist, und die Kolben *c c* mit den Schneiden werden hierdurch unter Anspannung der Spiralfedern ebensoviel nach unten bewegt als *a* hinauf rückt. Sobald das Loch beendet ist, der Druck gegen die Spindel also aufhört, führen die Spiralen das Werkzeug ohne Weiteres in die für den Beginn des Bohrens geeignete Stellung zurück. Der Zapfen *f* dient zum Einstecken des Werkzeugs in eins der unten beschriebenen Bohrgeräthe oder Maschinen, von welchen aus die Bewegung des Bohrers erfolgt.

Fig. 517. Fig. 518.




Durch Verstellung der Schneiden gegen die Mittellachse ist man im Stande, Löcher von verschiedenem Durchmesser auszuschneiden.

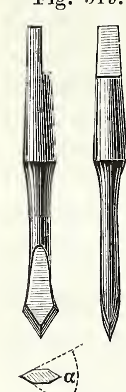
Ihre hauptsächlichste Verwendung finden solche Bohrwerkzeuge in den Dampfkesselfabriken; da sie vielfach benutzt werden, um in den Rohrwänden der Röhrenkessel die Oeffnungen für die Feuerrohre auszuschneiden, nennt man sie wohl Rohrwandbohrer.

Bei der zweiten Methode zur Herstellung von Löchern wird das gesammte an der Stelle des herzustellenden Lochs befindliche Material durch ein schneidendes Werkzeug in Späne verwandelt und als solche

entfernt; und es ist somit dieses Verfahren ebenso gut anwendbar, wenn die Löcher nur bis zu einer bestimmten Tiefe in das Metall eindringen, als wenn sie ganz hindurchgehen sollen. Das Werkzeug — der Bohrer oder die Bohrspitze — dreht sich hierbei ebenfalls um seine Achse, während er zugleich in seiner Achsenrichtung gegen das Arbeitsstück vorrückt; und es muss natürlich, um das Metall vollständig zu zerspanen, die Breite desselben gleich dem Durchmesser des herzustellenden Lochs sein. Wegen dieser Achsendrehung des Bohrers sind zwei Schneidkanten vorhanden, welche in der Mitte des Bohrers zusammenlaufen und entweder gegen die Achse rechtwinklig stehen (Centrumbohrer) oder einen Winkel einschliesen, welcher niemals weniger als 80 Grade, gewöhnlich 100 bis 120 Grad beträgt, und im Allgemeinen um so grösser ist, je grösser der Durchmesser des zu bohrenden Lochs ist (Spitzbohrer). Nach Joessel's Versuchen soll ein Winkel von 110 Graden der günstigste sein; doch findet man auch Bohrer mit 150 bis 160 Grad grosser Spitze, und wenn der Durchmesser des Lochs über 10 Millimeter gross wird, pflegt der Winkel 180 Grad zu betragen, d. h. er geht in eine gerade Linie über und aus dem Spitzbohrer wird ein Centrumbohrer.

Bei Bohrern der kleinsten Art sind die Schneiden von beiden Seiten her gleichmässig zugeschärft (Fig. 519) und zwar unter Winkeln $\alpha$ gleich 45 bis 60 Grad. Dadurch erhalten sie allerdings die Fähigkeit, bei Drehung in beiden Richtungen verwendbar zu sein und man nennt sie von diesem Gesichtspunkte aus zweischneidige Bohrer; wie man leicht erkennt, ist aber ihr Schneidwinkel ein sehr ungünstiger, grösser als 90 Grad, und an die Stelle des eigentlichen Schneidens tritt ein Schaben. Sie werden mit rascher Drehung benutzt und liefern höchst fein zertheilte Späne.

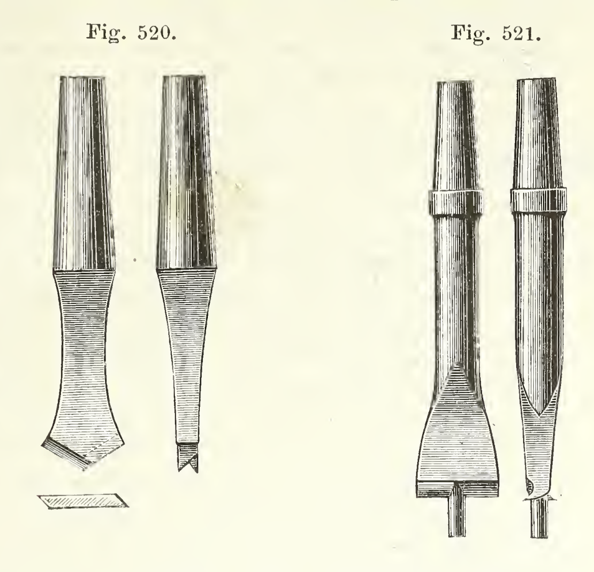
Fig. 519.




Den Schneiden aller grösseren Bohrer dagegen giebt man eine einseitige Zuschärfung, welche sie zwar nur bei Drehung in einer bestimmten Richtung zum Angriffe kommen lässt, während ihre Wirkung sich in ein wirkliches Schneiden verwandelt und dadurch günstiger sich gestaltet als bei den zweischneidigen. Man nennt deshalb diese Bohrer einschneidig; Fig. 520 stellt einen einschneidigen Spitzbohrer, Fig. 521 einen einschneidigen Centrumbohrer dar. Ihr Zuschärfungswinkel pflegt 50 bis 80 Grad zu betragen, wobei sie ausserdem einen Anstellungswinkel von 4 bis 5 Grad besitzen (vergl. S. 549), so dass der gesammte Schneidwinkel 55 bis 85 Grad beträgt. Um einen günstigeren Schneidwinkel zu erhalten und das Abfliessen der Späne zu erleichtern, bringt man nicht selten der Zuschärfungkante gegenüber an der voranschreitenden Fläche eine rinnenartige Aushöhlung an, wie es in der Abbildung des Centrumbohrers ersichtlich ist.

Damit beim Bohren das Loch genau die richtige Stellung erhalte, wird bei Anwendung von Spitzbohrern die Spitze derselben in dem zuvor

Fig. 520. Fig. 521.

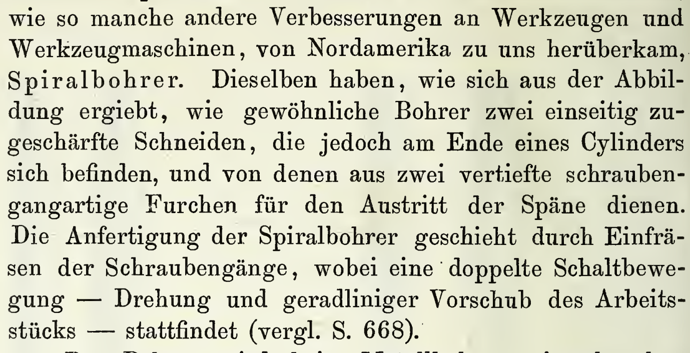


mit einem Körner vorgezeichneten Mittelpunkte des Lochs eingesetzt; Centrumbohrern giebt man zu demselben Zwecke in der Mitte eine kurze dicke, mit Schneide versehene Spitze, wie die eines kleinen Spitzbohrers; oder bei Löchern von grösserm Durchmesser statt der Spitze einen cylindrischen Ansatz wie in Fig. 521, wobei dann allerdings mit einem Spitzbohrer schon ein entsprechend weites Loch vorgebohrt werden muss, in welchem jener Ansatz vorwärts gleiten kann, hierbei zugleich als Führer für die geradlinige Fortbewegung des Bohrers dienend. Bei gewöhnlichen Spitzbohrern muss diese geradlinige Richtung des Vorschubs durch die richtige Handhabung des Werkzeugs oder durch die zur Bewegung dienende Maschine gesichert werden.

Damit die entstehenden Späne während des Bohrens aus dem Loche heraustreten können ohne die Bewegung des Bohrers zu hemmen, muss der Querschnitt des letztern erheblich geringer sein als der Querschnitt des Lochs; d. h. er muss genügend flach ausgeschmiedet sein, so dass die Späne an beiden breiten Seiten hinlänglichen Raum zum Entweichen finden. Wählt man einen cylindrischen Stab zur Anfertigung des Bohrers wie in Fig. 521, so muss der Durchmesser desselben erheblich geringer als der Durchmesser des Lochs sein und sich unten zu dem breitern und dünnern Querschnitte der Schneiden verflachen. Das Ausweichen und Heraustreten der Späne aus dem Loche wird wesentlich durch eine Construction des Bohrers, wie in Fig. 522 abgebildet ist, erleichtert; und zugleich erhält ein solcher Bohrer durch seine äusserliche cylindrische Form, mit dem gleichen Durchmesser als der Lochdurch-

messer beträgt, eine sichere Geradführung in dem entstehenden Loche. Man nennt diese sehr empfehlenswerthe Construction der Bohrer, welche, wie so manche andere Verbesserungen an Werkzeugen und Werkzeugmaschinen, von Nordamerika zu uns herüberkam, Spiralbohrer. Dieselben haben, wie sich aus der Abbildung ergiebt, wie gewöhnliche Bohrer zwei einseitig zugeschärfte Schneiden, die jedoch am Ende eines Cylinders sich befinden, und von denen aus zwei vertiefte schraubengangartige Furchen für den Austritt der Späne dienen. Die Anfertigung der Spiralbohrer geschieht durch Einfräsen der Schraubengänge, wobei eine doppelte Schaltbewegung — Drehung und geradliniger Vorschub des Arbeitsstücks — stattfindet (vergl. S. 668).

Fig. 522.



Der Bohrer wird beim Metallbohren niemals ohne Weiteres (wie häufig beim Holzbohren) durch einfache Drehung mit der Hand bewegt, sondern in einem Bohrgeräthe befestigt, welches von Hand oder durch Elementarkraft seine Bewegung erhält und auf den Bohrer überträgt.

**Bohrgeräthe für zweischneidige Bohrer.** Dieselben müssen der oben mitgetheilten Einrichtung der zweischneidigen Bohrer zufolge im Stande sein, denselben eine abwechselnd hin- und hergehende Drehung mit grosser Geschwindigkeit aber unter geringem Drucke mitzutheilen. Unter den verschiedenen für diesen Zweck dienenden mehr oder minder einfachen Geräthen sind es hauptsächlich zwei, welche in den Werkstätten der Metallarbeiter ausgedehnte Anwendung finden.

Das erste derselben nennt man Rollenbohrer; er besteht aus zwei Stücken der bewegten Bohrspindel oder Bohrrolle und dem zur Bewegung dienenden Drehbogen (Drillbogen, Fiedelbogen). Beide Theile sind in den Figuren 523 und 524 abgebildet. Die Bohrrolle besteht aus Holz, Horn oder Messing und wird entweder unmittelbar auf die Bohrspitze aufgesteckt oder auf einer Spindel befestigt, welche die Bohrspitze aufnimmt. Der Drehbogen ist ein eben solches Werkzeug als schon bei Besprechung der Drehstühle beschrieben wurde; ein Bogen aus Fischbein, Rohr oder für weniger feine Arbeiten aus einer Rapierklinge hergestellt und mit einer Saite aus Pferdehaar, Darmsaite, Leder oder Schnur versehen, setzt die Rolle in abwechselnde Drehung, indem man die Saite um die Rolle schlingt und nun den Bogen hin- und herbewegt. Selbstverständlich muss dabei Vorkehrung getroffen werden, dass die Rolle sich nicht von ihrer Stelle entfernen kann und der für den Vorschub nöthige Druck ausgeübt wird; es geschieht dieses indem man die Bohrspitze in ein vorgekörntes Grüb-

Fig. 523.



chen im Arbeitsstücke einsetzt und eine am andern Ende der Bohrrolle befindliche Stahlspitze in ein Grübchen einstellt, welches entweder am Schraubstocke oder in einem in die Arbeitsbank eingelassenen Bohrstöckchen (ein massives Metallklötzchen) oder in einer metallenen Platte

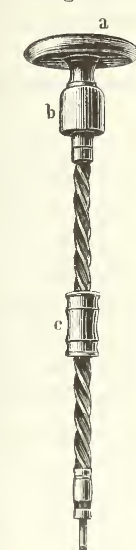
Fig. 524.



befindlich ist, welche in einem gebogenen, vor die Brust des Arbeiters gelegten Brette (Brustbrett oder Bohrbrett) befestigt ist. Bei Benutzung des Schraubstocks oder Bohrstöckchens wird das Arbeitsstück gegen die Bohrspitze gedrückt, macht also gewissermaassen die Schaltbewegung; bei Benutzung des Brustbretts drückt man den Bohrer gegen das Arbeitsstück und lässt denselben beide Bewegungen ausführen, während das Arbeitsstück ruht.

Ein anderes recht zweckmässiges Bohrgeräth für zweischneidige Bohrer ist in Fig. 525 abgebildet und heisst Drillbohrer, Bohrwinde mit Spiralgang, Archimedischer Bohrer. Die Spindel oder der Schaft dieses Bohrers ist wie eine Schraube geformt mit mehreren Gängen und einem Steigungswinkel, welcher beträchtlich grösser ist als der Reibungswinkel zwischen Schraube und Schraubenmutter *c*. Durchschnittlich beträgt derselbe 70 Grad. Zur Verringerung der Reibung sind die Flächen der Schraubengänge glatt polirt. Am obern Ende ist die Spindel in einem Holzknopfe *b* drehbar befestigt, welcher mit einem übergreifenden Handgriffe *a* versehen ist. Drückt man vermittelst dieses Handgriffs die am entgegengesetzten Ende des Werkzeugs eingesetzte Bohrspitze gegen das Arbeitsstück, während die andere Hand die Schraubenmutter *c* rasch auf und nieder führt, so wird die Spindel in entsprechende hin- und hergehende Drehung versetzt werden und dieselbe der Bohrspitze mittheilen, welche so unter dem gleichzeitigen Einflusse des ausgeübten Drucks ein Loch in das Metall bohrt.

Fig. 525.



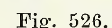

Der Drillbohrer hat den Vorzug vor dem Rollenbohrer, dass er, um bewegt zu werden, kaum einen grössern Platz erfordert, als die ihn umspannende Hand bedarf, während letzterer für die Anbringung und Bewegung des Fiedelbogens eine nicht ganz unbeträchtliche Abmessung in der Bewegungsrichtung desselben erheischt. Daher ist der Drillbohrer in zahlreichen Fällen gut verwendbar, wo sich der Rollenbohrer wegen Mangel an Platz nicht mehr ansetzen lässt.

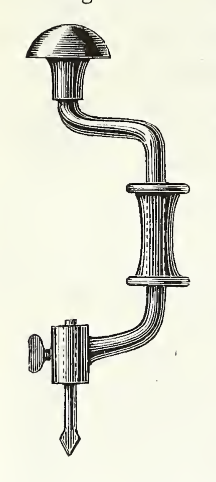
Auch für kleine einschneidige Bohrer werden die vorstehend beschriebenen Bohrgeräthe bisweilen angewendet, wobei dann selbstver-

ständlich nur bei der Drehung in einer Richtung Druck angewendet wird, und der Bohrer bei der entgegengesetzten Drehung leicht zurückgeht.

**Bohrgeräthe und Bohrmaschinen für einschneidige Bohrer.** Da bei diesen nur Drehung in einer Richtung stattzufinden hat, so ist das einfachste Geräth für diesen Zweck eine Kurbel, in welcher die Bohrspitze befestigt wird. Um den erforderlichen Druck ausüben zu können, kröpft man die Kurbel in der Mitte, so dass die Hand, welche das Drehen ausführt, in der Kröpfung angreift, während auf das obere Ende der Druck erfolgt. So entsteht die in Fig. 526 abgebildete unter dem Namen *Brustleier* bekannte Form des Bohrgeräths. Der obere Holzknopf dreht sich auf dem Ende der Kurbel und wird gegen die Brust gestemmt; zur Erleichterung des Drehens ist in der Kröpfung eine Hülse aus Holz oder Messing übergeschoben, in der sich die Kurbel leicht dreht; die Bohrspitze wird in die prismatische Oeffnung der am untern Ende der Kurbel befindlichen Hülse eingesteckt und gewöhnlich durch eine Klemmschraube vor dem Herausfallen geschützt.

Der durch die Brust ausgeübte Druck ist jedoch nur beim Bohren kleinerer Löcher ausreichend, die Arbeit mit befriedigender Geschwindigkeit zu vollenden. Zur Ausübung eines stärkern Drucks, wie er zum Bohren grösserer Löcher unerlässlich ist, fertigt man die Kurbel in ihren Stärkeabmessungen kräftiger und ersetzt den hölzernen Knopf entweder durch eine kurze conische Spitze, welche in ein Grübchen des zum Drücken benutzten Werkzeugs eintritt; oder, wenn dieses letztere eine Spitze trägt, so versieht man die Kurbel mit dem Grübchen. In solcher Weise zum Bohren unter stärkerm Drucke befähigt heisst die Kurbel nunmehr *Bohrkurbel* im engern Sinne zum Unterschiede von der Brustleier.


Fig. 526.



Das bei Benutzung der Bohrkurbel zur Ausübung des Drucks dienende Werkzeug hat verschiedene Einrichtung. Eine ziemlich rohe, aber sehr einfache Form ist der *Druckbaum*, ein aus einer starken, hölzernen Stange bestehender einarmiger Hebel, dessen eines Ende auf irgend eine Weise befestigt wird — durch Einstecken in einen Ring, ein Loch in der Mauer des Gebäudes, und dergleichen — während das andere Ende beschwert oder durch menschliche Kraft gedrückt wird und der Hebel in dem kürzern Abstande vom Drehungspunkte — gewöhnlich $^1/_5$ bis $^1/_4$ der ganzen Länge — auf die Bohrkurbel drückt, somit den am Ende empfangenen Druck in entsprechender Vervielfältigung auf diese übertragend. Zu diesem Zwecke ist der Druckbaum an seiner Unterkante mit einer Eisenschine belegt, welcke mit einer Anzahl Grübchen versehen ist, um die Spitze der Bohrkurbel in verschiedenen Abständen nach Maassgabe des auszuübenden Drucks einstellen zu können.

Statt des Hebels beim Druckbaum kann eine Schraube zur Ausübung des Drucks benutzt werden, in senkrechter Stellung in dem Ende eines krahnartigen Auslegers drehbar und an ihrem untern Ende mit Spitze oder Grübchen versehen, um bei ihrer Drehung gegen die Bohrkurbel zu wirken. Die Mittellinie der Schraube und des Bohrers müssen hierbei genau in eine und dieselbe senkrechte Linie fallen. Eine solche Vorrichtung heisst Bohrgestell. Man befestigt dasselbe an der Wand der Werkstatt oder an einem tragbaren Stative. Ein derartiges tragbares Bohrgestell, welches mit einem Fusse auf der Arbeitsbank befestigt werden kann, wurde bereits in Fig. 277 auf S. 358 in Verbindung mit einem fahrbaren Schmiedefeuer abgebildet. Der Arm des Bohrgestells ist in allen Fällen drehbar und der Abstand der Schraube vom Drehungspunkte meistens verstellbar, damit man an verschiedenen Stellen des im Schraubstocke etc. eingespannten Arbeitsstücks Löcher bohren kann, ohne die Lage desselben ändern zu müssen.

Häufig lässt sich statt des Bohrgestells eine Schraubenzwinge (Figur 28 auf Seite 40) mit ausreichend grossen Schenkeln benutzen, deren Schraube gegen die Bohrkurbel drückt, während der gegenüberstehende Schenkel sich unter die entgegengesetzte Seite des Arbeitsstücks legt.

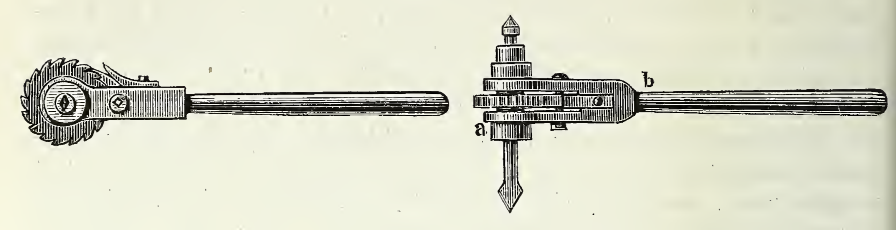
Nicht selten ist aber der Fall, dass der vorhandene Platz weder die Anwendung eines Druckbaums noch eines Bohrgestells gestattet, ja, es treten Fälle ein, wo nicht einmal der zum Drehen der gekröpften Bohrkurbel erforderliche Raum frei ist — z. B. wenn in einer Ecke in unmittelbarer Nähe zweier Wände ein Loch gebohrt werden soll —, sondern nur noch Drehung innerhalb eines kürzern Kreisbogens möglich ist.

In dem erstern Falle kann man sich helfen, wenn man in dem obern Schenkel der Bohrkurbel genau in der Drehungsachse eine nach aussen gerichtete Schraube anbringt, deren Spitze sich gegen das vorhandene oder ein absichtlich hergestelltes Hinderniss stemmt und bei dem Eindringen des Bohrers mehr und mehr nach aussen geschraubt wird. Das Schraubengewinde ist im Schenkel der Bohrkurbel eingeschnitten.

Im andern Falle muss ein Bohrgeräth angewendet werden, welches, nachdem es, soweit der Platz es gestattet, vorwärts gedreht ist, wieder leer zurückgedreht wird, um von Neuem die Vorwärtsdrehung beginnen zu können. Diese Bewegung würde allerdings auch durch die Bohrkurbel ausführbar sein; es würde sich jedoch hierbei der Uebelstand einstellen, dass auch der Bohrer leer zurückgedreht werden muss, wodurch eine raschere Abnutzung seiner Schneiden eintreten würde. Zweckmässiger ist deshalb ein Bohrgeräth, bei welchem dieser leere Rückgang nur von der Handhabe ausgeführt wird, während der Bohrer ruht. Ein derartiges, in Fig. 527 abgebildetes Bohrgeräth heisst Bohrknarre oder Bohrratsche. Auf der Spindel *a*, in welcher die Bohrspitze befestigt wird, sitzt ein Sperrrädchen fest, so dass die Spindel und das Werkzeug die Bewegung desselben mitmachen muss. Der Hebel *b*, welcher mit seinem

gabelförmigen Ende um das Sperrrädchen herumgreift, ist auf der Spindel drehbar, trägt aber einen Sperrkegel, welcher durch eine Feder

Fig. 527.




gegen das Rädchen gedrückt wird, somit dieses und die Spindel mitnimmt, wenn der Hebel vorwärts gedreht wird, bei der Rückwärtsdrehung aber leer gleitet. Der erforderliche Druck wird durch Drehung der am Kopfe der Bohrknarre befindlichen Schraube mit conischer Spitze ausgeübt. Dieselbe muss so schwer gehen, dass sie beim Zurückdrehen des Hebels nicht von selbst sich eindreht. Selbstverständlich muss die Schraube, um ihre Bestimmung erfüllen zu können, einen festen Punkt als Widerlager finden; und wenn solcher nicht durch das Arbeitsstück selbst gegeben wird, so muss in anderer Weise für ausreichenden Gegendruck gesorgt werden. Auch hierfür lässt sich die Schraubenzwinge in vielen Fällen recht gut benutzen.

Das Bohrgeräth erhält den Namen Bohrmaschine, wenn die durch menschliche Kraft oder häufiger durch Elementarkraft geleistete Arbeit nicht mehr in jener einfachen Weise durch Handkurbel oder Hebel, sondern durch Vermittlung von Getrieben auf die zur Aufnahme des Bohrers dienende Bohrspindel übertragen wird. Wie bei den Bohrgeräthen macht bei den Bohrmaschinen die Spindel in fast allen Fällen sowohl die Hauptbewegung als Schaltbewegung, erstere durch Drehung, letztere durch geradlinigen Vorschub gegen das Arbeitsstück.

Damit dieser Vorschub stattfinden kann, ohne dass die Hauptbewegung unterbrochen wird, pflegt sich die Spindel innerhalb einer Hülse zu befinden, welche durch Nuth und Feder die von aussen empfangene Drehung auf erstere überträgt, ohne ihre Vorwärtsbewegung in der Richtung der Achse zu hemmen; der Vorschub wird gewöhnlich durch eine drehbar mit der Spindel verbundene, aber vor eigener Drehung gesicherte Schraube ausgeführt, welche an ihrem aus jener Hülse vorstehenden Ende eine in Lagern sich drehende Mutter trägt und durch deren Drehung geradlinig vorwärts oder rückwärts bewegt wird; seltener durch Zahnstange mit Getriebe oder einen Hebelmechanismus.

Die schon früher beschriebenen Horizontalbohrmaschinen können zum Bohren aus dem Vollen benutzt werden, wenn man an Stelle des Bohrkopfs mit Messern eine Bohrspitze anbringt. Ebenso lässt sich eine Drehbank zu diesem Zwecke brauchbar machen, wenn man statt der Spitze des Spindelstocks einen Bohrer in die Drehbanksspindel ein-

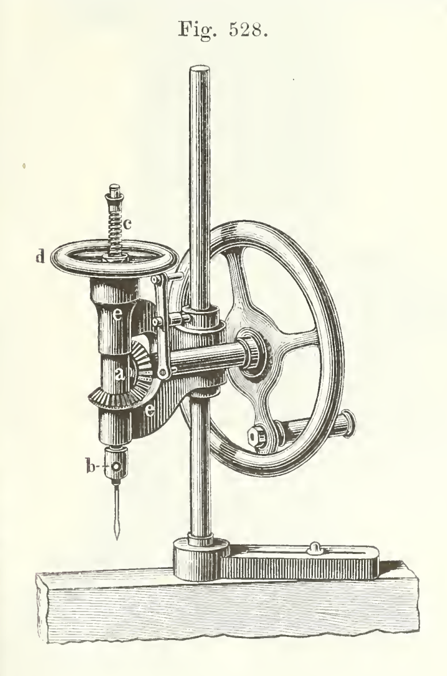
setzt und das auf dem Supportschlitten befestigte Arbeitsstück gegen die Bohrspitze vorschiebt.

Solche Fälle sind jedoch nur Ausnahmen. Bei den gewöhnlichen Bohrmaschinen steht die Bohrspindel senkrecht und das Arbeitsstück befindet sich auf einem Tische mit horizontaler Platte. Man nennt deshalb die Bohrmaschinen der letztern Art Verticalbohrmaschinen zum Unterschiede von jenen mit horizontaler Spindel.

Trotz jener Uebereinstimmungen in der Construction der Verticalbohrmaschinen zeigen sie in ihrer äussern Einrichtung erhebliche Abweichungen.

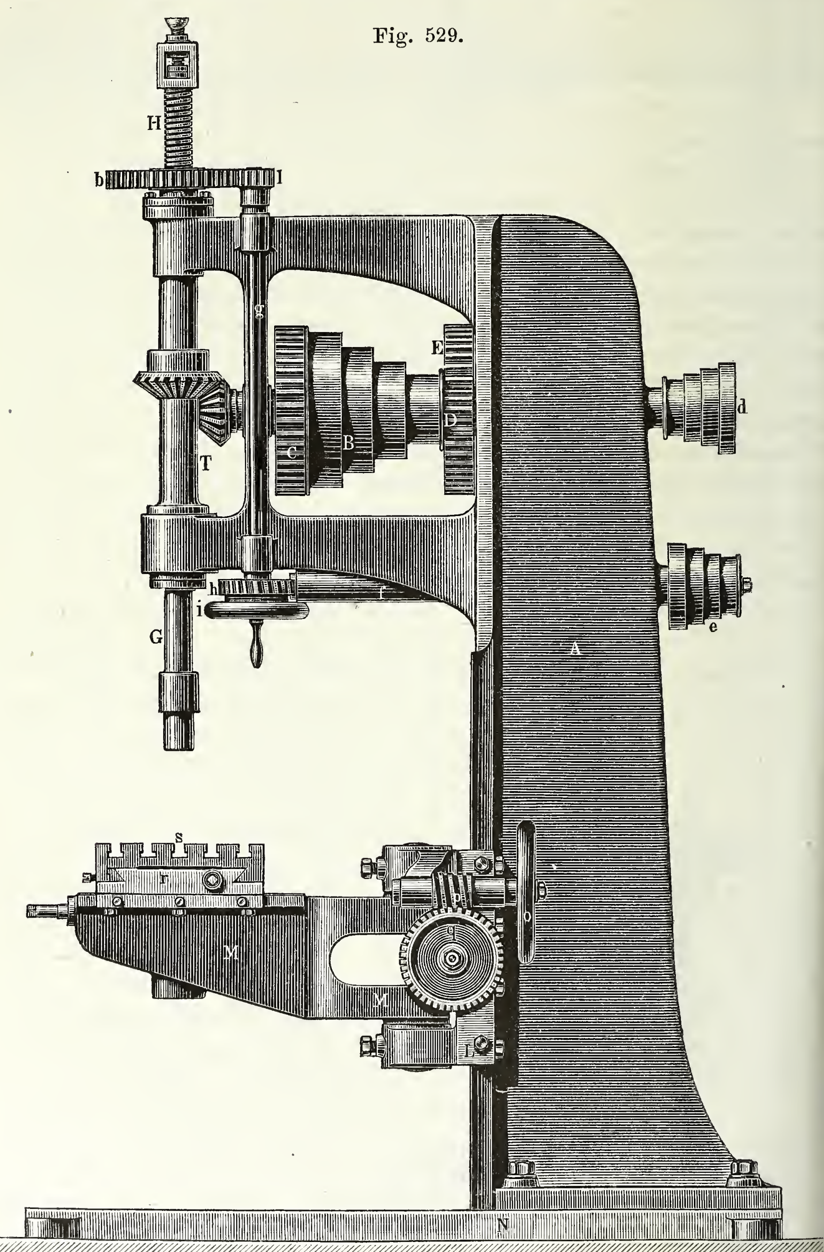
Eine tragbare Handbohrmaschine der allereinfachsten Art (aus der Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik) stellt Fig. 528 in $^1/_{15}$ der wirklichen Grösse dar. An dem Stativ ist das gusseiserne Bohrgerüst *e* durch eine Klemmschraube, welche durch den in der Abbildung ersichtlichen Doppelhebel gedreht wird, in beliebiger Höhe befestigt. Die Kurbel ist mit dem kleinen Schwungrade verbunden und überträgt ihre Drehung durch eine horizontale, in dem Bohrgerüste gelagerte Welle und ein Paar Winkelräder auf die Hülse *a* und die Bohrspindel, deren Kopf *b* unten vorsteht, und welche sich innerhalb *a* auf und nieder bewegen lässt. Oberhalb und unterhalb *a* ist die Bohrspindel in senkrechten Bohrungen des Gerüsts gelagert und sichert dadurch auch die Stellung der Hülse *a*. Das obere Ende der Bohrspindel ist verjüngt, steckt drehbar in der hohlen Schraubenspindel *c*, welche gleichfalls in die obere Bohrung des Gerüsts hineinragt und ist oberhalb der Schraube durch einen Knopf vor Verschiebung innerhalb derselben gesichert. Ein Oelbehälter über dem Knopfe dient dazu, Oel durch einen Canal innerhalb der Bohrspindel zwischen die Berührungsflächen dieser und der sie umschliessenden Schraubenspindel zu leiten und dadurch eine übermässige Reibung bei der Drehung zu verhüten. Eine Nuth mit Feder zwischen der Schraube *c* und ihrer Führung im Bohrgerüste macht die Drehung der erstern unmöglich; dagegen wird sie eine geradlinige Fortbewegung erleiden, wenn eine sie umfassende Schraubenmutter, die vor eigener Verschiebung gesichert ist, gedreht wird. Diese Mutter befindet sich in

Fig. 528.



der Nabe des Handrädchens *d*, welches auf dem Gerüste drehbar festgehalten ist. Durch Drehung dieses Handrädchens erfolgt demnach Auf- oder Niedergang der Schraubenspindel *c* und der mit ihr verbundenen Bohrspindel *b*, ohne dass die eigene Drehung der letztern dadurch beeinflusst wird.

Fig. 529.



Die durch Elementarkraft bewegten Bohrmaschinen lassen sich ihrer äussern Einrichtung nach in drei Gruppen sondern.

Freistehende Bohrmaschinen. Eine solche ist in den Figuren 529 bis 531 abgebildet (Werkzeugmachinenfabrik Union in Chemnitz).

Fig. 530.

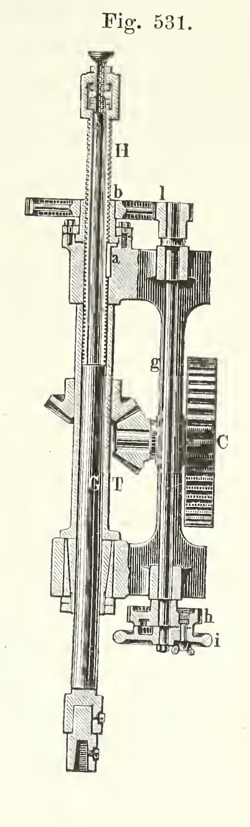


Fig. 531.

Der mit Ankerschrauben auf einem gemauerten Fundamente festgehaltene Hohlgussständer *A* dient hier zum Tragen sämmtlicher Theile für die Bewegung des Werkzeugs und Befestigung des Arbeitsstücks. Die auf ihrer Welle drehbare Stufenscheibe *B* nimmt den Antrieb von der Deckentransmission

auf und pflanzt die Bewegung entweder direct durch Verkupplung mit dem Rade *C* oder durch die Getriebepaare $\frac{D}{E}\,\frac{F}{C}$ mit zweimaliger Uebersetzung auf die den Rädern *C*, *B* und *D* gemeinschaftliche Hauptwelle der Maschine fort, in derselben Weise, wie diese Bewegungsübertragung schon früher mehrfach beschrieben wurde. Bei vier Absätzen der Stufenscheibe werden dadurch acht verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten der Maschine möglich. Die Ausrückung der Räder *E* und *F*, wenn *B* und *C* gekuppelt sind, wird durch Drehung eines excentrisch gelagerten Zapfens mit Hilfe des in Fig. 530 ersichtlichen Handgriffs wie bei früher besprochenen Maschinen bewirkt. Die Bewegung wird nun von der Antriebswelle aus durch ein Paar Winkelgetriebe auf die zwischen den beiden Armen des Ständers vor Verschiebung gesicherte Hülse *T* übertragen, welche die empfangene Drehung auf die in ihr verschiebbare Bohrspindel *G* fortpflanzt. Letztere steckt mit ihrem obern, entsprechend schwächern Theile drehbar in der hohlen Schraubenspindel *H* und ist in derselben am obern Ende durch eine übergreifende Schraubenmutter festgehalten. Die Schraubenspindel *H* schiebt sich innerhalb des obern Theils der Hülse *T* und des obern Ständerarms, ist aber vor Drehung durch eine Längsnuth gesichert, in welche der im Ständerarme befestigte Keil *a* (Fig. 531) hineingreift. Das Muttergewinde für die Schraube befindet sich in der Nabe des Rades *b*, durch dessen Drehung demnach eine senkrechte Verschiebung der Schraube nebst Bohrspindel bewirkt wird. Zur selbstthätigen Ausführung dieser Schaltbewegung sitzt auf dem hintern Ende der Antriebswelle die kleine Stufenscheibe *d* und überträgt die Bewegung vermittelst der zweiten Stufenscheibe *e* auf eine horizontale, in der langen Hülse *f* des Ständers gelagerte Welle, welche in einer Schnecke endigt. Diese treibt das auf der senkrechten Spindel *g* drehbare Schneckenrädchen *h*, welches sich mit Hilfe einer Klemmschraube leicht mit dem auf *g* festsitzenden Handrädchen *i* verbinden lässt. Auf dem obern Ende von *g* befindet sich das Getriebe *l*, welches die Bewegung der Spindel auf das Rad *b* überträgt und dadurch den Vorschub der Bohrspindel veranlasst. Für den leeren Rückgang des Bohrers wird die Verkupplung zwischen den Rädern *h* und *i* gelöst und durch Drehung des Rades *i* von Hand die entgegengesetzte Bewegung der Bohrspindel bewirkt.

Unterhalb der Bohrspindel befindet sich der zur Aufnahme des Arbeitsstücks dienende Tisch, aus den zwei Haupttheilen *L* und *M* bestehend. *L* ist in senkrechter Richtung an zwei Prismaführungen des Ständers beweglich, und es erfolgt diese Bewegung wie die Feststellung in der von der Höhe des Arbeitsstücks abhängigen Höhenlage mit Hilfe des Handrades *o*, der Schnecke *p*, des Schneckenrades *q* und eines auf der Welle des letztern befestigten in der Abbildung nicht sichtbaren Getriebes, welches in die am Ständer befindliche senkrechte Zahnstange eingreift. Der vordere consolenartige Theil *M* des Tischs ist durch zwei

senkrechte, seitlich angebrachte kräftige Drehungszapfen mit *L* verbunden; hierdurch wird es möglich, denselben nach der Seite der Zapfen hin aufzuklappen und den Raum unter der Bohrspindel frei zu legen. Auf *M* befindet sich ein gewöhnlicher Kreuzsupport, aus den zwei von Hand beweglichen Schlittenstücken *r* und *s* bestehend, auf dessen Obertheile das Arbeitsstück befestigt wird. Sollen sehr grosse Arbeitsstücke gebohrt werden, deren Gewicht oder Höhenabmessung ihre Auflage auf dem Tische nicht gestattet, so wird *M* zur Seite geklappt und das Arbeitsstück auf der Grundplatte *N* befestigt, welche für diesen Zweck mit entsprechenden Längsnuthen zur Aufnahme der Befestigungsschrauben oder Klammern versehen ist.

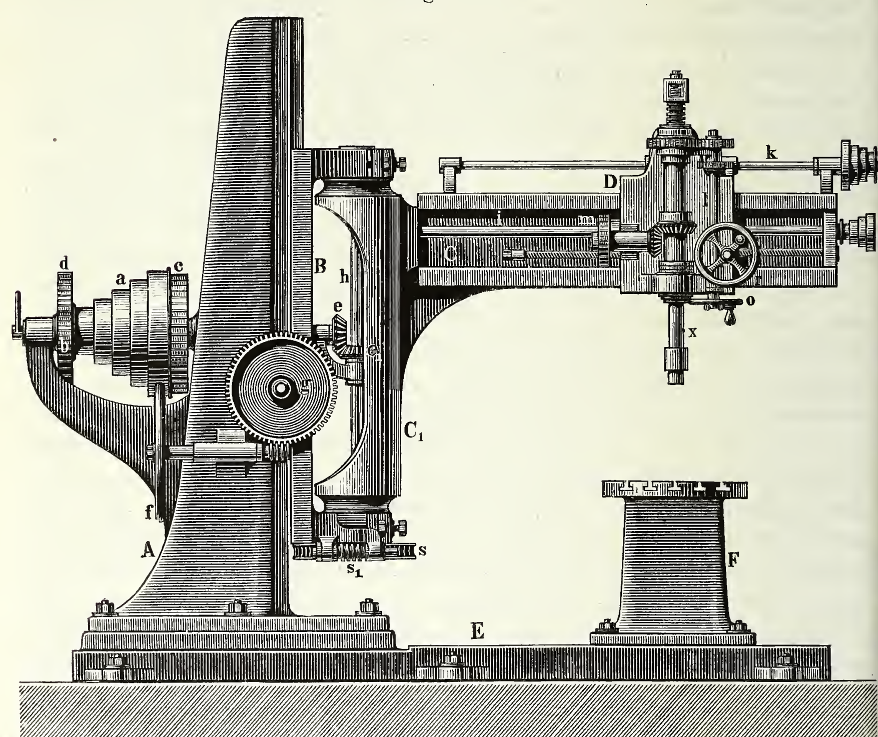
Radial- oder Krahnbohrmaschinen. Bei denselben ist die Bohrspindel an einem horizontalen, um den feststehenden Ständer der Maschine drehbaren Arme befestigt (ähnlich dem Ausleger der Drehkrahne) und gegen die Drehungsachse des Arms verstellbar, so dass man in Stand gesetzt ist, an beliebigen Stellen einer verhältnissmässig grossen Fläche Löcher zu bohren, ohne die Lage des Arbeitsstücks zu ändern. Um jene Verstellbarkeit der Bohrspindel möglich zu machen, ist dieselbe in einem Schlitten gelagert, welcher auf dem drehbaren Arme geführt ist; damit die Spindel in jeder Stellung des Arms ihre Bewegung erhalten kann, ist eine senkrechte Hilfswelle in dem feststehenden Ständer angebracht, deren Mittellinie genau mit der Drehungsachse des Arms zusammenfällt, und welche die Bewegung durch ein Paar Winkelräder auf eine im Arme gelagerte horizontale Welle überträgt. Die Krahnbohrmaschinen sind in Folge dieser Einrichtungen complicirter und in der Anlage kostspieliger als die freistehenden Bohrmaschinen, sind aber, wie leicht begreiflich sein wird, zweckmässig in denjenigen Fällen, wo schwere Arbeitsstücke, deren Bewegung und Festspannen zeitraubend ist, eine grössere Anzahl Löcher erhalten sollen. In Rücksicht auf diese vorwiegende Verwendung der Maschinen für grössere Stücke fehlt der Tisch entweder ganz oder ist in Form einer einfachen Platte mit Fuss construirt, während die Fundamentplatte mit Nuthen zur Befestigung des Arbeitsstücks versehen ist.

Hinsichtlich der äussern Anordnung der Krahnbohrmaschinen unterscheidet man im Wesentlichen zwei Systeme. Bei dem einen — System Whitworth — ist der Ständer ähnlich geformt wie bei den freistehenden Bohrmaschinen, und der Arm dreht sich mit senkrechten Zapfen in Halslagern, welche entweder am Ständer oder an einem senkrecht am Ständer verschiebbaren Schlitten befestigt sind; bei dem andern — System Fairbairn — ist der Ständer rund, säulenförmig, und dient in dieser Form selbst als Drehungsachse für den mit einer langen Hülse ihn umschliessenden Arm.

Eine Radialbohrmaschine der erstern Form (Deutsche Werkzeugmaschinenfabrik in Chemnitz) ist in Fig. 532 (a. f. S.) abgebildet. *A* ist der Hohlgussständer, an seiner Rückseite mit angegossenem Arme zur Lage-

rung der Antriebsmechanismen versehen. Letztere bestehen aus der Stufenscheibe *a* mit den Rädern *b*, *c* auf derselben Welle, dem Rade *d* und einem mit *c* im Eingriffe stehenden Getriebe auf einer Seitenwelle in der üblichen Anordnung, um die Bewegung von der Stufenscheibe entweder direct oder durch die Zwischengelege auf die Betriebswelle zu übertragen. Auf dem vordern Ende der letztern sitzt das Winkelgetriebe *e*. An der senkrechten Stirnseite des Ständers ist in zwei Prismenführungen das Schlittenstück *B* auf und nieder beweglich, welches

Fig. 532.




die Lager für die Drehungszapfen des Arms *C* trägt. Letztere sind durch das senkrechte hohle Stück $C_1$ in solider Weise verbunden. Durch das Handrad *f* wird eine Schnecke und durch diese das Schneckenrad *g* gedreht, auf dessen im Ständer gelagerter Welle ein Getriebe mit einer an der Rückseite des Schlittens *B* befestigten Zahnstange im Eingriffe steht. In dieser Weise erfolgt die Verstellung des Krahnarms in der Höhenrichtung. Innerhalb des Theils $C_1$ liegt die senkrechte Welle *h*, deren Mittellinie mit derjenigen der beiden Drehungszapfen genau übereinstimmt. *h* empfängt ihre Drehung durch die Winkelräder $e e_1$ und

pflanzt sie durch ein zweites Paar Winkelräder auf die in dem Arme gelagerte horizontale Welle *i* fort. In Rücksicht auf die Verstellbarkeit des Stücks *B* nebst dem Arme *C* und $C_1$ ist die Welle *h* in ihrer ganzen Länge genuthet und innerhalb des Rädchens $e_1$ verschiebbar, während letzteres durch einen vom Ständer ausgehenden Lagerarm in seiner Stellung gegen *e* festgehalten ist. Zur Unterstützung der Bohrspindel *x* dient der auf dem Arme *C* horizontal verschiebbare Schlitten *D*. Die Drehung der Bohrspindel geschieht durch ein auf der Welle *i* befindliches, mit dem Schlitten *D* verschiebbares Getriebe, welches das Stirnrad *m* und von diesem aus in der aus der Abbildung deutlich ersichtlichen Weise durch ein Paar conische Räder die Spindel treibt. Die innere Einrichtung für die senkrechte Schaltbewegung der Spindel ist ganz die nämliche wie bei der oben beschriebenen freistehenden Bohrmaschine. Der Selbstgang des Spindelvorschubs wird durch eine auf der Welle *k* befindliche und mit *D* verschiebbare Schnecke bewirkt, welche das vor *k* sichtbare Schneckenrad und durch dessen Vermittelung die senkrechte Schaltspindel *l* betreibt. Die Zurückführung der Bohrspindel erfolgt durch Drehung des Handrads *o*, nachdem zuvor das Schneckenrad auf ähnliche Weise als bei der oben beschriebenen Maschine aus seiner festen Verbindung mit der Spindel *l* gelöst wurde. Die Bewegung der Welle *k* wird durch die beiden am rechten Ende der Wellen *i* und *k* befindlichen Stufenscheiben von *i* aus bewirkt.

Zur Verstellung des Schlittens nebst Bohrspindel befindet sich unterhalb der Welle *i* eine horizontale Schraubenspindel in dem Arme befestigt, auf derselben ein Winkelrad mit Muttergewinde innerhalb der Nabe, durch einen Mitnehmer (Bügel) mit dem Schlitten verbunden und im Eingriffe mit einem zweiten Winkelrade stehend, welches auf der Welle des im Schlitten gelagerten Handrads *r* befestigt ist. Dreht man nun das Handrad, so erfolgt Drehung beider Räder, und da die Schraube festliegt, geradlinige Fortbewegung des auf derselben befindlichen Rades, welche durch den Mitnehmer auf den Schlitten und auf das zweite Rad übertragen wird.

Für die Bewegung des Arms im Kreise sitzt endlich auf der Verlängerung des untern Zapfens des Stücks $C_1$ ein Schneckenrad *s* im Eingriffe mit einer am Theile *B* gelagerten Schnecke $s_1$, welche durch eine aufgesteckte Kurbel gedreht wird.

Die Grundplatte *E* ist zur Aufnahme schwerer Arbeitsstücke solide construirt und, wie schon erwähnt, mit Längsnuthen zur Befestigung derselben versehen. Der Tisch *F* lässt sich ohne Schwierigkeit entfernen, wenn grössere Gegenstände aufgebracht werden sollen.

Wandbohrmaschinen. Der Hauptunterschied derselben gegenüber den beiden besprochenen Systemen beruht in dem Umstande, dass das Gerüst derselben, statt mit einer horizontalen Fussplatte auf dem Fundamente befestigt zu werden, mit einer senkrechten Wandplatte an

eine hinreichend starke Wand des Gebäudes festgeschraubt wird. Es handelt sich also im Wesentlichen um eine für diesen Zweck geeignete Form des Gerüsts, während alle übrigen Theile der Maschine nach denselben Grundsätzen wie für Ständermaschinen eingerichtet werden können. Man unterscheidet demnach auch gewöhnliche Wandbohrmaschinen mit unverrückbarer Spindelachse und Radial-Wandbohrmaschinen, bei denen die Spindel an einem Arme verschiebbar und mit demselben drehbar ist.

Die Wandbohrmaschinen haben den Vorzug vor den freistehenden Bohrmaschinen, dass sie den Platz in der Werkstatt weniger beengen, was besonders in kleinen Werkstätten für ihre Benutzung ins Gewicht fällt; dagegen sind sie weniger als jene zugänglich und deshalb im Allgemeinen mehr für kleinere als für grosse Arbeitsstücke in Benutzung.

Unter den verschiedenen Abweichungen von diesen beschriebenen Typen der Bohrmaschinen verdienen vorzugsweise zwei Erwähnung.

Denkt man sich die Rückseite der in Fig. 529 abgebildeten freistehenden Bohrmaschine in derselben Weise ausgebildet als die Stirnseite, mit Armen, Umtriebsmechanismen und Spindel versehen, so erhält man zwei Bohrmaschinen mit gemeinschaftlichem Ständer und nennt dieselben Doppelt- oder Duplexbohrmaschinen. Ihr Hauptvortheil besteht in den geringeren Anschaffungskosten im Vergleiche mit zwei getrennten Bohrmaschinen.

Hat man zahlreiche, in einer geraden Linie liegende Löcher zu bohren — z. B. in Blechplatten, welche vernietet werden sollen —, so ordnet man eine grössere Anzahl von Bohrspindeln in einer Reihe an (gewöhnlich vier bis sechs), deren jede wie die Spindel einer Radialbohrmaschine von einem besondern Schlitten getragen wird und mit demselben an einem gemeinschaftlichen langen Rahmen in horizontaler Richtung verstellbar ist. Eine gemeinsame Welle überträgt den Antrieb für die Drehung und eine zweite für die Schaltung gleichzeitig auf sämmtliche Spindeln. Derartige Maschinen heissen Multiplex-Bohrmaschinen.

Bei der Anwendung der Lochbohrmaschinen kommt der Umstand in Betracht, dass das in Form von Spänen ausgebohrte Material fast werthlos ist, und die Menge desselben im Verhältnisse des Quadrats mit dem Durchmesser des Lochs wächst. Anderntheils aber verringert sich mit dem Wachsen des Lochdurchmessers die Schwierigkeit, das Loch schon bei der rohen Formgebung herzustellen, welches dann höchstens durch Ausbohren, also mit weniger Arbeit und Spanbildung, auf das richtige Maass gebracht zu werden braucht. Deshalb bohrt man selten Löcher aus dem Vollen, welche grösser als 50 Mm. sind, und nur ganz besondere Gründe würden ein solches Verfahren rechtfertigen können [1]).

---

[1]) Ein solcher Grund liegt z. B. bei dem Bohren der gegossenen Kanonenrohre vor. Jedes Gussstück enthält in Folge der Schwindung an den Stellen, wo das letzte flüssige Metall sich befand, poröse Stellen — Drusenräume. Giesst

Für die geeignete Umfangsgeschwindigkeit der Bohrer giebt Hart folgende Ziffern:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| beim Bohren von Stahl . . . . . . . . | 30 | bis | 40 | Mm. per Secunde |
| „ „ „ Gusseisen . . . . . . | 60 | „ | 70 | „ „ „ |
| „ „ „ Schmiedeeisen . . . | 70 | „ | 80 | „ „ „ |
| „ „ „ Messing und Bronze | 100 | „ | 120 | „ „ „ |

Der Vorschub pro Umdrehung des Bohrers $^1/_{12}$ bis $^1/_4$ Mm.

Schmiedeeisen pflegt man mit Oel, welches an den Bohrer getropft wird, Gusseisen und Bronze trocken zu bohren.

Den Arbeitsverbrauch berechnet Hartig nach der Formel:

$$N = N_0 + \varepsilon V \text{ Pferdestärken,}$$

worin $N_0$ wieder den Arbeitsverbrauch im Leergange, $V$ das Volumen des stündlich abgebohrten Metallquantums bezeichnet und

$$\varepsilon \text{ für Gusseisen} = 0{,}001 + \frac{0{,}001}{d} \text{ Pferdestärken,}$$

„ „ Schmiedeeisen mit Oel gebohrt,

$$= 0{,}001 + \frac{0{,}004}{d} \text{ Pferdestärken}$$

zu setzen ist ($d$ = Lochdurchmesser in Millimetern).

Für Veranschlagungen des Kraftbedarfs bei neuen Anlagen dürfte $^1/_2$ bis $^3/_4$ Pferdekraft selbst für ziemlich grosse Maschinen genügen.

---

### Literatur über Bohrer und Bohrgeräthe (Bohrmaschinen).

Ausser den auf Seite 569 gegebenen Citaten:

Zeichnungen der Hütte, Jahrg. 1857, Nr. 3, Jahrg. 1860, Nr. 20, Jahrgang 1863, Nr. 23, Jahrg. 1866, Nr. 14, Jahrg. 1866, Nr. 22.

Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrg. 1871, S. 402.

Praktischer Maschinenconstructeur, Jahrg. 1871, S. 192, Jahrg. 1872, S. 69, 84, 143, 211, Jahrg. 1873, S. 138, Jahrg. 1874, S. 95, 118, 291, 371.

Dingler's polytechnisches Journal, Polytechnisches Centralblatt, Deutsche Industriezeitung u. a. technische Zeitschriften in sämmtlichen Jahrgängen.

---

man einen Kanonenlauf über einen Kern, so befinden sich diese porösen Stellen ungefähr in der Mitte der Wandstärke des Rohrs und zeigen sich auf dem Querschnitte als rings herumlaufende, mit grösseren oder kleineren Krystallen angefüllte Hohlräume. Dieselben sind um so gefährlicher, da ihre Anwesenheit gar nicht eher zu entdecken ist, als bis das Geschütz zersprungen ist. Giesst man dagegen den Kanonenlauf ohne Loch, so gruppiren sich diese Fehlstellen naturgemäss um die Mittellinie des Gussstücks herum und werden beim Bohren des Lochs entfernt, während die Wandungen dicht sind.

Auch bei anderen Gussstücken kann der nämliche Umstand Veranlassung sein, einzelne Löcher, selbst bei grosssem Durchmesser, lieber zu bohren als einzugiessen.

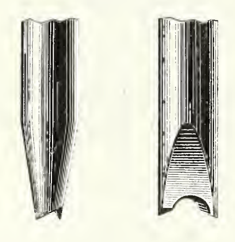
### i. Langloch-Bohrapparate.

In Maschinenbauwerkstätten ist der Fall nicht selten, dass man, um lange Keilnuthen in Wellen einzuarbeiten, ein sich um seine Achse drehendes Werkzeug benutzt, welches in der Richtung der herzustellenden Nuth gegen das Arbeitsstück verschoben wird, zugleich aber, falls die Dicke eines Spans geringer ist als die Tiefe der herzustellenden Nuth, nach jedem einmaligen Durchgange in seiner Achsenrichtung einen ruckweisen Vorschub erhält, um einen folgenden Span zu nehmen. Es treten hier also zwei Schaltbewegungen neben einander auf: die ununterbrochen thätige hin- und hergehende Bewegung und die ruckweise gegen das Arbeitsstück. Man nennt die für diesen Zweck benutzten Maschinen ihrer Bestimmung gemäss Nuthenbohrmaschinen oder Langlochbohrmaschinen [1]).

Diese eigenthümlichen Maschinen stehen in Rücksicht auf die Wirkungsweise des Werkzeugs den Fräsmaschinen weit näher als den eigentlichen Lochbohrmaschinen; vom maschinellen Standpunkte jedoch sind sie den freistehenden Bohrmaschinen sehr ähnlich, worauf schon ihr Name hinweist, und deshalb als besondere Maschinengattung nach den Bohrmaschinen hier zur Besprechung gebracht.

Das Werkzeug muss in Rücksicht auf den Umstand, dass es bei seiner Drehung seitlich schneiden, dabei aber doch auch befähigt sein soll, bei der Ruckbewegung in der Achsenrichtung in das Metall einzudringen, erheblich anders geformt sein, als der gewöhnliche Bohrer. Die üblichste Form desselben ist die des sogenannten Zweizahnbohrers, Fig. 533; oder man wendet auch wohl eine cylindrische Fräse mit Schneiden an der Stirn- und Aussenfläche an, welche für diesen Zweck Kronenbohrer genannt wird; und da es demselben nicht möglich sein würde, bei der Ruckbewegung in der Richtung seiner Achse in das Metall vorzudringen, so bohrt man vorher am Anfangs- und Endpunkte der Nuth ein kreisrundes Loch von der Tiefe der herzustellenden Nuth, in welchem die Fräse jenen Vorschub in der Achsenrichtung ausführen kann.

Fig. 533.



Die Hauptbewegung durch Drehung und die Ruckbewegung in der Achsenrichtung macht bei allen Langlochbohrmaschinen das Werkzeug; die seitliche Schaltbewegung entweder das Werkzeug oder der Tisch mit dem Arbeitsstücke. In beiden Fällen

[1]) Die Benutzung eines von Hand bewegten Apparats zum Langlochbohren ist selten; ein derartiges, der früher beschriebenen Bohrknarre entsprechendes Geräth ist im amtlichen Berichte über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873, Bd. II, S. 100 abgebildet und beschrieben.

pflegt der Hin- und Hergang durch Schlitzkurbel und Schubstange bewirkt zu werden, deren ungleichförmige Bewegung durch einen der früher beschriebenen Mechanismen (S. 564) in eine gleichförmige umgewandelt wird.

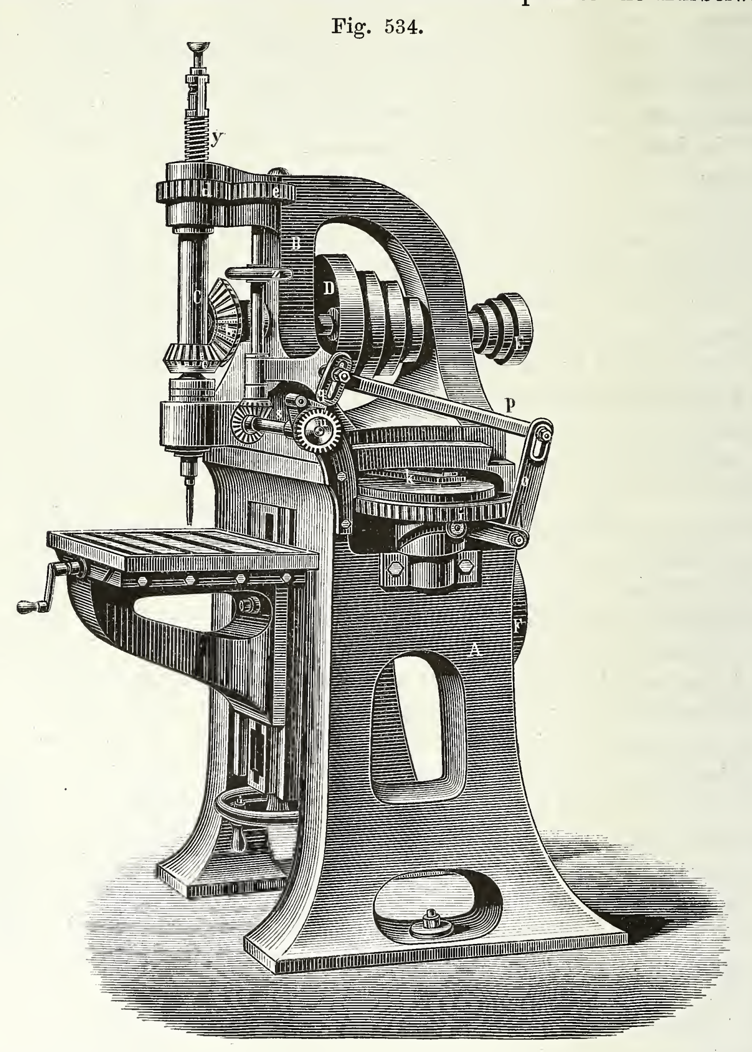
Wenn der Tisch hin- und herbewegt wird, so ist die Maschine im Aeussern einer freistehenden Verticalbohrmaschine recht ähnlich. Die senkrechte Bohrspindel behält ihre Drehungsachse unverändert bei und wird nach Beendigung eines Hin- und Rückganges des Tischs durch einen gewöhnlichen Steuerungsmechanismus senkrecht geschaltet; der Tisch geht in horizontalen Führungen vor dem Ständer der Maschine hin und her.

Wenn die Spindel alle drei Bewegungen ausführen soll (welcher Fall bei neueren Maschinen der häufigere ist), so muss der obere Theil des Ständers als Schlitten construirt sein und auf dem untern feststehenden Theile hin- und hergeführt werden. Eine Langlochbohrmaschine der letztern Art aus der Werkzeugmaschinenfabrik Saxonia in Chemnitz ist in Fig. 534 (a. f. S.) in perspectivischer Ansicht, in Fig. 535 in der Ansicht von vorn bezüglich Ansicht gegen die Schaltungsmechanismen nach Entfernung der sie verdeckenden Ständertheile abgebildet (letztere Figur in $1/_{12}$ der wirklichen Grösse). *A* ist das feststehende Untertheil der Maschine, an welchem der Tisch mit Prismenführungen in üblicher Weise senkrecht verstellbar angebracht ist. Zur Verstellung dient hier eine Schraubenspindel mit Mutter, erstere im Ständer gelagert, die zweite am Tische befestigt, und das in Fig. 534 ersichtliche Handrad bewirkt die Drehung der Schraube. Ausserdem ist die Tischplatte durch einen gleichen Mechanismus in der Achsenrichtung der Maschine verschiebbar. *B* ist das auf *A* bewegliche Obertheil mit der Bohrspindel *C* und der Antriebsstufenscheibe *D*. Da letztere mit dem Obertheile hin- und hergeht, so verändert sich dadurch in entsprechender Weise ihr Abstand vom Deckenvorgelege; die Veränderung ist jedoch relativ zu unbedeutend, um störend auf die Bewegungsübertragung einzuwirken. Da die Breitenabmessungen der herzustellenden Nuthen — abhängig vom Durchmesser des verwendeten Bohrers — in nicht sehr weiten Grenzen abweichen können, so genügen die vier Durchmesser der Stufenscheibe ohne weitere Zwischengelege für die erforderliche Veränderlichkeit der Umdrehungszahl und die Bewegung wird ohne Weiteres durch die Winkelräder *b c* auf die Hülse *C* der Bohrspindel übertragen. Die innere Einrichtung der letztern ist ganz die nämliche wie bei der in Fig. 531 abgebildeten Verticalbohrmaschine; der senkrechte Vorschub wird durch die Räder *d e* nach jedem Hin- und Rückgange des Theils *B* in der sogleich zu erörternden Weise auf die Spindel übertragen.

Auf dem hintern Ende der Antriebswelle ist die Stufenscheibe *E* befestigt und durch einen Riemen mit der im Ständer gelagerten grössern Stufenscheibe *F* in Verbindung gesetzt. Auf der Welle von *F* befindet sich die Schnecke *f* im Eingriffe mit dem Schneckenrade *g*, wel-

ches durch eine senkrechte, im Ständer gelagerte Welle die empfangene Bewegung auf die beiden Zahnräder *h i* fortpflanzt. Von diesen ist *h* kreisrund und auf der Welle von *g* excentrisch befestigt; *i* ist ein Ellipsenrad mit dem doppelten Umfange im Theilkreise als *h*. Auf dem Rade *i* ist in verstellbarem Abstande vom Mittelpunkte die Kurbelwarze

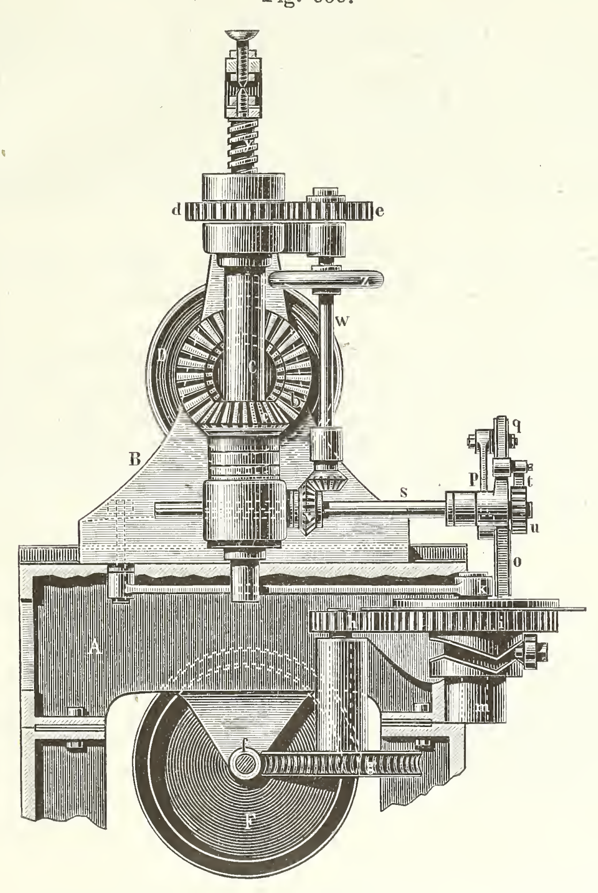
Fig. 534.




*k* befestigt und durch eine horizontale Schubstange mit dem Schlitten *B* in Verbindung gesetzt; derselbe erhält hierdurch seine hin- und hergehende Bewegung gemäss der Länge des veränderlichen Kurbelhalbmessers; und in Folge des Zusammenwirkens der Räder *h* und *i* in annähernd gleichförmiger Geschwindigkeit (vergl. S. 564). Ein Scala längs des Kurbelschlitzes dient zur genauen Bestimmung des Hubes. Das Rad *i*

steckt mit langem Zapfen in der Lagerhülse *m* und trägt an der Aussenseite eines angegossenen Ringes, welcher sich um die Hülse herumdreht, eine curvenförmige Nuth für die senkrechte Schaltung der Bohrspindel. In dieser Nuth gleitet ein am Winkelhebel *o* befestigter Mitnehmer; die Nuth ist derartig gestaltet, dass der Mitnehmer und mithin auch der

Fig. 535.




linke Hebelarm während einer Umdrehung des Rades zweimal rasch seinen höchsten Stand erreicht und zwar gerade dann, wenn die Kurbel in den todten Punkten steht. Diese Bewegung wird durch die Schubstange *p* auf den Winkelhebel *q* übertragen, welcher sich lose auf der Schaltspindel *s* dreht und mit dem Sperrhäkchen *t* in das auf *s* festsitzende Sperrrädchen *u* eingreift. Bei jenen beiden Punkten wird die Stange *p* nach rückwärts bewegt, und es erfolgt eine Drehung der Spindel *s*; geht der Mitnehmer wieder abwärts, so ist die Bewegung aller betreffenden Mechanismen umgekehrt, und der Schalthaken gleitet leer über die

Zähne des Rades $u$ hinweg. Die Schaltbewegung der Spindel $s$ wird nun durch das Räderpaar $v\,v_1$ auf die Welle $w$ und durch die Räder $e\,d$ in der früher beschriebenen Weise auf die Schraube $y$ und die Bohrspindel übertragen.

Um der veränderlichen Stellung des Schlittens $B$ bei dieser Schaltung Rechnung zu tragen, ist $s$ mit Längsnuth versehen und das Rad $v$, welches von dem Schlitten mitgenommen wird, auf derselben verschiebbar. Wie aus den Abbildungen hervorgeht, ist die Schaltspindel $s$ mit ihrem einen Ende in einem am Ständer angeschraubten Bügel, mit dem andern im Schlitten $B$ gelagert und lang genug, um bei keiner Stellung des letztern ihre Auflagerung in demselben zu verlieren. Die leere Zurückführung der Bohrspindel nach beendigter Arbeit wird durch das Handrad $z$ ausgeführt, nachdem der Schalthaken zurückgeklappt worden ist.

Vorstehend abgebildete Maschine ist zum Bohren von Langlöchern (Keilnuthen) mit 30 Mm. Breite, 200 Mm. Länge, 150 Mm. Tiefe geeignet.

Die Geschwindigkeitsverhältnisse der Langlochbohrmaschinen sind im Wesentlichen dieselben wie für freistehende Bohrmaschinen; die seitliche Schaltung beträgt per Umdrehung 0,3 bis 0,8 Mm. Der Arbeitsverbrauch würde sich nach den für Fräsmaschinen gegebenen Formeln berechnen lassen und dürfte kaum jemals den Werth einer halben Pferdekraft übersteigen.

---

## Literatur über Langlochbohrmaschinen.

Ausser den auf S. 569 genannten Werken:

Zeichnungen der Hütte, Jahrg. 1868, Blatt 2.
Wiebe, Skizzenbuch, Jahrg. 1872, Hft. 4.
Armengaud, Publication industrielle, Jahrg. 1866, S. 451, Jahrg. 1870, S. 483, Jahrg. 1872, S. 341.

---

## C. Geräthe zum Schaben.

### a. Schaber (Schabeisen, Schabmesser).

Dieses einfache Werkzeug besteht in einer 3 bis 5 mm starken Stahlklinge, gewöhnlich mit etwas gebauchter Kante, an dem einen Ende in einem hölzernen Hefte befestigt. Dasselbe dient dazu, auf der Oberfläche von Metallstücken kleine Erhöhungen durch Schaben mit der Kante wegzunehmen. In den Werkstätten der Kupferschmiede dient es zum Entfernen des Glühspans von den fertigen Waaren; Zinngiesser und Gelbgiesser, Gold- und Silberarbeiter gebrauchen es, um profilirten Gegenständen, welche weder mit der Feile noch mit einer Werkzeugmaschine sich bearbeiten lassen, die letzte Vollendung zu geben; in Maschinenfabriken wird es bisweilen benutzt, um gehobelten Gleitflächen den höchsten Grad von Genauigkeit zu geben, insbesondere den Prismenführungen der Werkzeugmaschinen, und solche geschabten Flächen zeigen dann dem Beschauer damastähnliche, durch das Schaben hervorgerufene Zeichnungen. Es ist deshalb fast Mode geworden, solche Zeichnungen auf allen Prismenführungsflächen durch oberflächliches Schaben anzubringen; eben aus diesem Grunde aber ist das Aeussere solcher Flächen allein noch kein Beweis, dass eine regelrechte Bearbeitung mit dem Schaber stattgefunden hat.

Den erwähnten vielseitigen Anwendungen des Schabers gemäss ist seine Klinge in mannigfaltigen Gestalten und Grössen vertreten; ein Schaber, welcher ebene Flächen bearbeiten soll, muss anders geformt sein, als ein solcher, welcher im Innern tiefer Hohlkörper gebraucht wird, und wieder anders muss ein Schaber geformt sein, welchen der Kunstgiesser gebraucht, um das Aeussere ornamentirter Gusswaaren zu vollenden. Es mögen jedoch diese allgemeinen Mittheilungen genügen, Zweck und Anwendung des Schabers zu erläutern.

### b. Reibahle, Räumahle, Ausreiber.

Dieses Werkzeug hat den Zweck, kleinere Löcher, welche bei der rohen Formgebung oder auch beim Bohren nicht hinreichend genau ausgefallen sind, durch Schaben nachzuarbeiten (aufzureiben, auszureiben, aufzuräumen). Demnach besteht die Reibahle aus einem Stahlstäbchen mit polygonalem Querschnitte, dessen Kanten sich an die Innenfläche des auszureibenden Lochs anlegen und bei der Drehung um die Achse die vorstehenden Theilchen abnehmen. Die Kanten dienen hierbei zugleich als Führung des Werkzeugs innerhalb des Lochs; es ist leicht begreiflich, dass, je mehr solcher Kanten vorhanden sind (je grössere

Seitenzahl das Polygon besitzt), desto sicherer die Führung ist, desto stumpfer aber auch der schabende Kantenwinkel, und dass mithin zwar die Genauigkeit der Arbeit mit der Seitenzahl des Polygons wächst, aber auf Kosten der Beschleunigung. Es wird ferner leicht einleuchten, dass eine ungerade Anzahl Kanten, bei welcher der durch eine Kante gelegte Durchmesser nicht ebenfalls eine Kante trifft, vortheilhafter für eine sichere Führung ist als eine gerade; und es ist deshalb Regel, den Reibahlen eine ungerade Seitenzahl (meistens fünf) zu geben. Um nun aber den bei grosser Seitenzahl sehr stumpfen Kanten einen etwas günstigern Schneidewinkel zu verleihen, bildet man gewöhnlich die Seiten des Polygons nicht geradlinig, sondern etwas concav — rinnenartig — aus. Bei sehr grosser Seitenzahl entsteht in weiterer Verfolgung dieses Princips eine geriffelte Form der Reibahle, d. h. auf der Oberfläche eines Cylinders sind — entweder parallel der Achse oder auch etwas schraubenartig gewunden — eine grosse Anzahl dreieckiger Einkerbungen angebracht, zwischen denen spitzwinklige Kanten stehen bleiben. Solche geriffelte Reibahlen geben ihrer grossen Zahl verhältnissmässig scharfer Kanten halber eine sichere und rasche Arbeit, sind jedoch ihres geschwächten Querschnitts halber eher für grosse als für kleine Löcher zu gebrauchen, und in der Anfertigung ziemlich kostspielig.

Eine andere, nicht seltene Form der Reibahlen entsteht, wenn von einem kreisförmigen Querschnitte zwei kleine Segmente abgeschliffen werden, so dass zwei gerade, unter einem stumpfen Winkel zusammenstossende Flächen entstehen, deren Durchschnittslinie eine Kante bildet. Solche Reibahlen wirken, da sie nur einschneidig sind, sehr langsam, geben aber eine sehr genaue Arbeit in Folge des Umstandes, dass der grössere kreisförmige Theil des Umfangs ringsum die Führung bildet.

Eine Reibahle, deren Kanten der Achse völlig parallel laufen, deren Form also prismatisch oder cylindrisch ist, würde nun aber höchstens im Stande sein, innerhalb eines unrunden Lochs während einer einmaligen Drehung noch Späne abzunehmen, bis der Durchmesser des Lochs an allen Stellen gleich dem Durchmesser der Reibahle ist. Sie würde völlig unbenutzbar sein, wenn die in dem Loche vorstehenden Unebenheiten stärker sind als die Dicke eines einzigen Spans. Die Reibahle wird daher erst brauchbar, wenn man ihr eine solche Form giebt, dass man mit Hilfe einer Schaltbewegung im Stande ist, an derselben Stelle des Lochs mehrere Späne nach einander zu nehmen; und dieser Zweck wird erreicht, wenn man sie nicht cylindrisch oder prismatisch, sondern schlank konisch (pyramidal) ausbildet, das schwächere Ende zuerst in das Loch steckt und ihr während des Drehens einen allmäligen Vorschub in der Achsenrichtung giebt. Auf solche Weise ist man nicht allein im Stande, unrunde Löcher allmälig völlig rund auszureiben, sondern auch den Durchmesser runder Löcher auf ein genau bestimmtes Maass zu erweitern, für welchen Zweck die Reibahle ziemlich häufige Verwendung findet. Es folgt hieraus, dass die Reibahle vor-

wiegend für durchgehende Löcher zu benutzen ist, und wenn das Loch genau cylindrisch werden soll, so muss sie in ihrer ganzen Länge durch dasselbe hindurch geführt werden (wobei der Durchmesser desselben gleich dem grössten Durchmesser der Reibahle wird); oder, wo dieses nicht thunlich ist, muss die Reibahle erst von dem einen und dann von dem andern Ende des Lochs her eingesteckt werden. Eine möglichst schwache Konicität erhöht die Genauigkeit der Arbeit und es beträgt deshalb der Verjüngungswinkel selten mehr als zwei Grade. Dagegen muss beim Ausreiben konischer Löcher (z. B. in Hahngehäusen) natürlicher Weise der Seitenwinkel der Reibahle gleich dem des Lochs sein.

Die kleinsten Reibahlen, welche von Uhrmachern, Mechanikern u. s. w. gebraucht werden, sind nicht stärker als eine feine Nadel und etwa 15 mm lang; die stärksten pflegen nicht über 50 mm Durchmesser und 250 mm Länge zu besitzen.

Die Bewegung erfolgt meistens von Hand. Die feinsten Reibahlen stecken in einem hölzernen Hefte, welches zwischen Daumen und Zeigefinger gedreht wird; grössere tragen einen viereckigen Zapfen, über welchen die Brustleier oder Bohrkurbel gesteckt wird; zur Bewegung der grössten gebraucht man das Wendeisen. Für eine stetige Anwendung dagegen (z. B. beim Ausreiben der Nadelöhre in Nähnadelfabriken) befestigt man sie in der Spindel einer rasch laufenden Drehbank und schiebt das Arbeitsstück gegen dieselbe vor.

### c. Geräthe zum Schleifen.

Die Arbeit, welche wir Schleifen nennen, besteht in der Abnahme von Spänchen mit Hilfe eines Werkzeugs, welches entweder selbst dem Mineralreiche entstammt und in diesem Falle Schleifstein genannt wird, oder doch wenigstens mit einer mineralischen Substanz überzogen ist, welche die Spanbildung veranlasst. In beiden Fällen beruht die Wirkung auf dem Vorhandensein zahlreicher, mehr oder minder scharfkantiger, spitzenartiger Vorsprünge auf der Oberfläche des schleifenden Werkzeugs, welche, ähnlich den Zähnen einer Feile, Späne abtrennen, sobald sie über die Oberfläche des Arbeitsstücks hinweggeführt und dabei durch einen ausgeübten Druck gegen dasselbe vorgeschoben werden. Solche spitzenartige Vorsprünge finden sich auf der Oberfläche aller Körper, wenn auch oft in mikroskopischer Kleinheit; und ein Schleifen wird deshalb immer stattfinden, wenn zwei Körper in der beschriebenen Weise gegen einander bewegt werden; derjenige aber der beiden Körper, welcher der härtere ist, wird auf den andern kräftiger einwirken und dabei selbst weniger Einbusse an Material erleiden. Daher ist es im Allgemeinen Regel, dass das schleifende Werkzeug härter sei als das Arbeitsstück, nur für sehr feine Arbeiten findet auch bisweilen das umgekehrte Verhältniss statt.

Neben der Härte des schleifenden Werkzeugs beeinflussen die Form und Grösse der vorstehenden Spitzen den Verlauf der Arbeit. Dieselben sind unregelmässig, mehr oder weniger scharfkantig geformt und wirken demnach entweder schneidend oder schabend. Je scharfkantiger und grösser die Spitzen, je weiter ihre Abstände von einander sind, desto grössere Spänchen können genommen werden, desto rascher geht die Arbeit vorwärts, aber desto sichtbarer hinterbleiben auch die Spuren jeder Spitze auf der Oberfläche des Arbeitsstücks. Daher ist es, wenn eine grössere Vollkommenheit der Arbeit erreicht werden soll, auch hier erforderlich, auf das anfängliche Schroppen mit gröberm Schleifmateriale ein Schlichten mit immer feiner werdendem folgen zu lassen, um die Spuren des Schroppens zu vertilgen; und da der mineralische Ursprung der Schleifmaterialien es ermöglicht, jenen Grad der Feinheit in einem Maasse auszudehnen, dass die wirksamen Schneidkanten kaum noch dem Gefühle der Hand und dem scharf bewaffneten Auge erkennbar sind, so ist man im Stande, durch Schleifen Erfolge hinsichtlich der äussern Vollendung der Oberflächen zu erreichen, welche die mit anderen Werkzeugen erlangten weit überragen.

Als ein dritter Factor für die Wirkung des Schleifens tritt die Geschwindigkeit der Bewegung auf. Erfahrungsmässig kann eine geringere Härte eines schleifenden Werkzeugs durch grössere Geschwindigkeit theilweise ersetzt werden; je rascher aber die Hauptbewegung und je weniger hart das Werkzeugmaterial ist, desto schwächer muss für eine gleiche quantitative Leistung der ausgeübte Druck zwischen Werkzeug und Arbeitsstück genommen werden, desto feinere Spänchen werden mithin entfallen, desto vollkommnere Arbeit wird erreicht. Deshalb giebt man für Schleifarbeiten, welche feinen Metallgegenständen ihre letzte Vollendung geben sollen, Bewegungsgeschwindigkeiten von 15 m bis 30 m pro Secunde; beim Anschleifen der Spitzen von Nähnadeln sogar bis 45 m pro Secunde.

Die Hauptbewegung beim Schleifen wird meistens durch das Werkzeug ausgeführt, welches in diesem Falle scheibenförmige Gestalt zu besitzen pflegt und um seine Achse gedreht wird. Das Schleifen erfolgt dann gewöhnlich an dem cylindrischen oder für Specialzwecke auch wohl profilirtem Mantel der Scheibe, und die Drehungsachse liegt hierbei horizontal; nur beim Schleifen grosser ebener Flächen benutzt man bisweilen die geraden Seitenflächen der Scheiben, legt sie hierbei horizontal und die Drehungsachse vertical. Der Durchmesser solcher scheibenförmiger Schleifgeräthe (Drehsteine, Schleifscheiben) beträgt 50 bis 3000 mm, ihre Dicke 6 bis 300 mm. Die Bewegung erfolgt entweder von Hand oder weit häufiger durch Elementarkraft. Die Anzahl der Umdrehungen pflegt bei grossen und groben Schleifsteinen nicht mehr als 80 bis 90 pro Minute zu betragen und steigt bei feinen zur Erreichung der oben mitgetheilten bedeutenden Umfangsgeschwindigkeit bis auf 4000 pro Minute.

In der Mitte besitzen die meisten Schleifsteine oder Schleifscheiben ein quadratisches durchgehendes Loch, um mittelst desselben auf die eiserne Achse übergeschoben und durch Holzkeile befestigt werden zu können. Da jedoch solche Holzkeile immerhin das Bestreben haben, den Stein aus einander zu treiben, insbesondere, wenn sie nass werden und der Stein rasch umläuft, so ist es insbesondere bei grösseren, kostspieligeren Steinen im Allgemeinen rathsamer, den Stein mit runder Oeffnung auf einer ebenfalls runden Achse zu befestigen, indem man denselben zwischen zwei auf der Achse befindlichen Scheiben einklemmt, deren eine festsitzt und deren andere entweder durch eine Schraubenmutter gegen den Stein gepresst wird oder auch mit der ersten Scheibe durch Schraubenbolzen verbunden ist, welche durch Oeffnungen im Steine hindurchgesteckt sind.

Mit der Geschwindigkeit der umlaufenden Scheibe wächst die Gefahr eines Zerreissens derselben durch die Centrifugalkraft; und da durch die beim Zerreissen umhergeschleuderten Trümmer grosse Verwüstungen angerichtet und Menschenleben bedroht werden können, so darf man niemals versäumen, Schutzvorrichtungen anzubringen, um diese Gefahr wenigstens thunlichst zu verringern. Als solche Schutzvorrichtung dient ein starker hölzerner Kasten, welcher den Stein einschliesst, mit umgelegten schmiedeeisernen Ankern oder Ketten verstärkt ist und nur dort eine schmale Oeffnung frei lässt, wo das Arbeitsstück mit der Scheibe in Berührung gebracht werden soll.

Die Bewegung der Scheibenachse wird bei allen durch Elementarkraft getriebenen Schleifsteinen durch eine auf der Achse befestigte Riemenscheibe von der Transmissionswelle aus übertragen; bei den durch Menschenkraft bewegten entweder von einer auf der Achse aufgesteckten Handkurbel oder von einem Trittbrette aus durch Schubstange mit Kurbel und einem Schnurscheibenpaare auf jene übertragen.

Wenn das Arbeitsstück die Hauptbewegung macht, so besteht dieselbe meistens in einem Hin- und Herführen desselben von Hand auf der geradlinigen Fläche des Werkzeugs (dem Handschleifsteine); cylindrische Arbeitsstücke werden um ihre Achse gedreht (wozu eine Drehbank benutzt werden kann), z. B. glatte Eisengusswalzen.

Sofern das Schleifen bis zu einem solchen Grade der Feinheit fortgesetzt wird, dass glatte, spiegelnde Flächen entstehen — ein Verfahren, welches weniger häufig die Erzielung einer vollendeten Form als eines dem Auge gefälligen Aeussern zum Zwecke hat —, wird es Poliren genannt.

Wenn das zum Schleifen dienende Werkzeug nicht aus einem eigentlichen Schleifsteine besteht, sondern nur mit einem Ueberzuge aus der schleifenden Masse versehen ist, so pflegt in den meisten Fällen Holz das Material des Werkzeugs zu bilden. Sofern das letztere Scheibenform besitzt und um seine Achse gedreht wird, muss auf die Neigung des Holzes, sich krumm zu ziehen, und auf die Wirkung der Centrifugalkraft

Rücksicht genommen werden; es darf demnach eine solche Scheibe nicht aus einem einzigen Stücke Holz gefertigt, sondern muss aus Segmentstücken zusammengesetzt werden, deren Faserrichtungen sich kreuzen. Bisweilen wird das hölzerne Werkzeug zunächst mit einem Ueberzuge aus Leder oder auch aus Blei versehen, bevor die eigentliche Schleifmasse aufgebracht wird.

Das Schleifen geschieht theils trocken theils mit Wasser oder Oel. Das Trockenschleifen fördert am raschesten die Arbeit, giebt aber — wenigstens bei den gröberen Schleifsteinen — eine weniger saubere Oberfläche, verursacht eine oft bedeutende Erhitzung der Arbeitsstücke (welche bei schon gehärteten Stahlwaaren nachtheilig einwirken kann) und wirkt durch den entstehenden und in der Luft vertheilten Schleifstaub ungemein lästig und gesundheitsnachtheilig für die Arbeiter, wenn nicht für eine kräftige Ventilation in den Arbeitsräumen gesorgt ist.

Beim Schleifen mit Wasser fällt die Arbeit sauberer aus, geht aber etwas langsamer von Statten, beides in Folge des Umstandes, dass der Schleifstaub durch das Wasser Bindekraft erhält und sich an die schleifenden Kanten des Werkzeugs anlegt. Die Erhitzung der Arbeitsstücke und Belästigung der Arbeiter fällt weg; dagegen lässt sich Wasser in solchen Fällen nicht anwenden, wo ein schnelles Rosten feiner eiserner oder stählerner Arbeitsstücke zu befürchten ist (z. B. beim Schleifen von Nähnadeln).

Beim Schleifen mit Oel entsteht eine noch zähere Masse durch die Vermischung des Oels mit dem Schleifstaube als beim Schleifen mit Wasser; das Schleifen geht langsamer vor sich, giebt aber einen noch höhern Grad der Vollkommenheit, und es wird die Gefahr des Rostens vermieden.

Die wichtigsten zum Schleifen und zur Anfertigung der Schleifsteine dienenden Materialien sind folgende:

Sandstein. Derselbe wird vorwiegend zu Drehsteinen verarbeitet, die feinsten Arten desselben dienen jedoch auch als Handschleifsteine. Feiner Flusssand dient in Pulverform als Ueberzug von Lederscheiben beim Schleifen und Putzen feiner Metallwaaren.

Granit wird zu Drehsteinen der gröbsten Sorte verarbeitet.

Thonschiefer. Verschiedene Arten desselben geben ein vorzügliches Material für Handschleifsteine (sächsischer grüner Oelstein zum Schleifen mit Oel; Messingschleifstein sum Schleifen mit Wasser).

Bimsstein. Derselbe dient theils im festen Zustande zum Abreiben der Oberflächen der Metallstücke — trocken oder mit Wasser —, theils in pulverförmigem Zustande als Ueberzug.

Dolomit; kommt in einer feinkörnigen, mit Kieselerde durchdrungenen Varietät unter dem Namen türkischer oder levantinischer Schleifstein (Oelstein) in den Handel, und dient vorzugsweise zum Schleifen schneidender Werkzeuge mit Oel.

Schmirgel. Derselbe bildet eins der vorzüglichsten Schleifmittel, wenn es sich um die letzte Vollendung der Metallwaaren handelt. Ursprünglich versteht man bekanntlich unter dem Ausdrucke Schmirgel eine eisenhaltige Varietät des Korunds von körnigem Gefüge und ausserordentlicher Härte. Derselbe findet sich in grösseren Mengen und vorzüglicher Qualität auf Naxos, Ikaria, bei Ephesus, in Ostindien. Wegen der Kostspieligkeit dieses eigentlichen Schmirgels benutzt man jedoch auch unter derselben Bezeichnung vielfach ein pulverförmiges Gemenge von Eisenglanz und Quarz, Granatsand, Zirkonsand und ähnliche Surrogate zum Schleifen, wenn auch mit weit weniger gutem Erfolge als den echten Schmirgel.

Bei dem Gebrauche wird der Schmirgel entweder vermittelst eines geeigneten Bindemittels zu einem festen Schleifsteine (Drehsteine oder Handschleifsteine) geformt; oder er wird als Ueberzug auf eine hölzerne Drehscheibe (Schmirgelscheibe) aufgetragen und hierbei gleichfalls durch ein Bindemittel auf derselben in entsprechend starker Schicht befestigt; oder er wird in Pulverform mit Oel verwendet und hierbei gewöhnlich mit Hilfe eines Holzstabes (Schmirgelholz, Schmirgelfeile), auf Eisen aus Eichenholz, auf Messing aus Lindenholz, auf der Oberfläche des Metallstücks hin- und hergerieben. Als das erwähnte Bindemittel für Anfertigung von Schmirgelsteinen dient Tischlerleim, Schellack, Wasserglas, feuerfester Thon, mit dem Schmirgel gemengt und gebrannt; u. a.

Die Benutzung der Schmirgelsteine geschieht meistens trocken.

Da der Schmirgel in sehr verschiedener Korngrösse vorkommt und sortirt wird, so ist man im Stande, mit Hilfe desselben die mannigfaltigsten Feinheitsgrade des Schliffs hervorzubringen; und in Folge dieses Umstandes bildet er ein unersetzliches Material bei Herstellung feinerer Metallarbeiten.

Erwähnung verdient die Art und Weise, wie ein genaues Aufeinanderschliessen zweier Metallflächen durch Anwendung des Schmirgels (Schmirgeln) erreicht wird. Man streicht etwas Oel und feinen Schmirgel zwischen beide Flächen und reibt oder dreht sie dann so lange auf einander, bis vollständig dichter Abschluss erreicht ist. In solcher Weise wird ein Hahn im Hahngehäuse, ein Ventil auf dem Ventilsitze, zwei ebene Platten auf einander ein- oder aufgeschmirgelt.

Mehr zu einer mechanischen Reinigung der Oberfläche als zu einer eigentlichen Formveränderung benutzt man Schmirgelpapier oder Schmirgelleinen, Papier- oder Leinwandstücke, welche mit Hilfe von Tischlerleim einen Schmirgelüberzug erhalten haben.

Die letzte Vollendung der feingeschliffenen Arbeitsstücke — die Politur — wird ihnen stets durch pulverförmige Substanzen ertheilt, welche auf Holz, Leder oder Filz aufgetragen werden. Auch hierbei pflegen verschiedene, immer feinere Polirmittel nach einander angewendet zu werden.

Gebräuchliche Polirpulver sind folgende:

Gebrannter, ungelöschter Kalk, möglichst rein und frei von eingemengten fremden Bestandtheilen (Wiener Kalk oder Wiener Putzpulver). Derselbe wird auf Messing mit Oel, auf Stahl und Eisen mit Spiritus angewendet.

Eisenoxyd, auf chemischem Wege aus Eisenvitriol oder aus kleesaurem Eisenoxydul dargestellt oder für weniger feine Arbeiten durch Pulvern von Rotheisenerzen gewonnen und unter verschiedenen Benennungen: Polirroth, Englisch Roth, Pariser Roth, u. a. in den Handel gebracht. Dasselbe giebt auf Stahl, Messing und anderen Metallen einen vorzüglichen Glanz und wird mit Oel oder Spiritus aufgetragen.

Zinnasche (Zinnoxyd), Schlämmkreide, Knochenasche werden in ähnlicher Weise gebraucht.

Tripel, bestehend aus natürlich vorkommenden, mineralischen Pulvern, durch verschiedene Naturereignisse gebildet und deshalb auch verschieden in ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung. Derselbe wird mit Oel zum Poliren von Gold, Silber, Messing etc. gebraucht.

Die Verarbeitung der Metalle durch Schleifen zeichnet sich einestheils, wie schon erwähnt wurde, dadurch aus, dass man eine Vollendung der Form und des Aeussern damit erreichen kann, wie kein anderes Werkzeug sie zu schaffen im Stande ist; sie gewährt aber auch den andern Vortheil, dass, sofern es sich nur um eine oberflächliche Abnahme von Spänen an einfach gegliederten Körpern handelt, sie meistens billiger auszuführen ist als die gleiche Arbeit mit Hilfe der Feile oder eines andern Werkzeugs. Aus diesem Grunde ist z. B. ein grösserer durch Elementarkraft getriebener Schleifstein eine höchst nützliche Maschine in Eisengiessereien zum Nacharbeiten derjenigen Stellen an Gusswaaren, wo Eingüsse gesessen hatten, Grat oder Fehlstellen entstanden waren u. s. w.

Verbindet man eine rotirende Schmirgelscheibe mit einer Maschine, welche in geeigneter Weise einen Vorschub des Arbeitsstücks bewirkt (Schleifmaschine), so lassen sich Arbeiten damit ausführen, die in anderer Weise oft nur mühsam mit der Feile möglich sein würden. Solche Schleifmaschinen mit selbstthätigem Vorschube, die im Aeussern einer Fräsmaschine ähnlich zu sein pflegen, finden besonders in Nordamerika, wie die Weltausstellung zu Philadelphia zeigte, für zahlreiche Zwecke eine nützliche Verwendung: bei der Anfertigung von landwirthschaftlichen Maschinen, Feuerwaffen, Nähmaschinen, Schlössern, zum Schleifen von Werkzeugen aller Art, u. s. f.

Hartig berechnet den Arbeitsverbrauch grosser grobkörniger Schleifsteine nach der Formel

$$N = 0{,}0264\, D V + \mu \frac{P V}{75} \text{ Pferdestärken,}$$

worin:

$D$ den Steindurchmesser in Metern,
$V$ die Umfangsgeschwindigkeit per Secunde in Metern,
$P$ den Druck des Arbeitsstücks gegen den Schleifstein in Kilogrammen,
$\mu$ den Reibungscoëfficienten zwischen Stein und Arbeitsstück bezeichnet, für welchen zu setzen ist

bei Gusseisen . . . . . . . . . . . . . . 0,22,
„ Stahl . . . . . . . . . . . . . . . . 0,29,
„ Schmiedeeisen . . . . . . . . . . . . 0,44.

Für feinkörnige Schleifsteine (z. B. beim Anschleifen von Werkzeugstählen) soll man

$$N = 0{,}16 + 0{,}056\,VD + \mu\,\frac{PV}{75} \text{ Pferdestärken}$$

und

$\mu$ für Gusseisen . . . . . . . . . . . . . $= 0{,}72$,
„ Stahl . . . . . . . . . . . . . . . $= 0{,}94$,
„ Schmiedeeisen . . . . . . . . . . . . $= 1{,}00$

setzen.

Für die meisten Fälle der Praxis dürften 2 bis 3 Pferdestärken für den Betrieb eines grossen grobkörnigen Schleifsteins, 1/4 bis 1 Pferdestärke für den Betrieb eines kleinen Schleifsteins genügen.

---

## Literatur über Schleifen, Schmirgeln, Poliren.

Karmarsch-Hartig, Technologie, 5. Auflage, 1. Band, S. 341 und 414.

Deutsche Industriezeitung, Jahrgang 1870, S. 44.

Dingler's polyt. Journal, Bd. 212, S. 388 und Bd. 213, S. 24 (Schmirgelscheiben und Schleifmaschinen der Tanite Company in Stroudsburg in Nordamerika), mit Abbildungen.

Wencelides, Hilfsmaschinen und Werkzeuge, S. 136 bis 159, enthält einen sehr lesenswerthen Bericht über die Verwendung des Schleifsteins in Amerika zu den verschiedenartigsten Zwecken und die Einrichtung der in Philadelphia ausgestellt gewesenen Schleifmaschinen.

## II. Biegungs- und Dehnungsarbeiten.

Die hierher gehörigen Arbeiten beruhen auf Aenderungen in der Lage der Molecüle der Arbeitsstücke ohne Trennung, durch Einwirkung von äusseren Kräften (Druck, Stoss etc.) hervorgerufen. Die physikalischen Vorgänge hierbei sind demnach genau die nämlichen, welche schon bei der rohen Formgebung auf S. 323 ff. ausführlich besprochen wurden; die wichtigsten Arbeitseigenschaften sind auch hier Dehnbarkeit, Zähigkeit und Härte; auch die hierbei zur Verwendung kommenden Geräthe entsprechen zum grossen Theile den für die erste Formgebung durch äussere Kräfte bestimmten und oben ausführlich beschriebenen Vorrichtungen. Der wesentlichste Unterschied dieser Arbeiten von jenen schon besprochenen beruht in dem Umstande, dass der Hauptzweck jener eine Veränderung der Querschnitte, eine Umgestaltung eines rohen Metallblocks in ein Arbeitsstück mit bestimmten Abmessungen war, während bei diesen eine Querschnittsveränderung, wo sie auftritt, unwesentlich ist und nur als unvermeidliche Folge der für die Formveränderung nöthigen Arbeiten erscheint. Vom rein technologischen Standpunkte aus hätten beide Gattungen von Arbeiten gemeinsam besprochen werden können; der Grund, sie zu trennen, lag in dem Wunsche des Verfassers, diejenigen Verfahrungsweisen, aus welchen endlich das in seiner Form vollendete Gebrauchsstück hervorgeht, als eine neue Stufe in der Aufeinanderfolge aller für die Anfertigung aufgewendeten Arbeiten zu kennzeichnen und demgemäss in der Beschreibung auch örtlich von denjenigen zu trennen, deren Ergebnisse erst Zwischenproducte für die fernere Bearbeitung sind.

Da mithin die hier zu besprechenden Vorgänge häufig nur auf einer geänderten Anwendung schon früher beschriebener Werkzeuge und Maschinen beruhen, so sollen abweichend von dem bisher befolgten Systeme nicht sowohl jene formgebenden Apparate, sondern die Arbeiten selbst als Ausgangspunkte der Beschreibung gewählt werden.

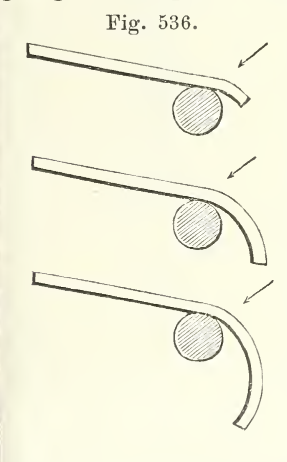
### a. Das Biegen.

Auf Seite 323 wurde der Vorgang des Biegens als diejenige Aenderung in der Lagerung zweier benachbarter Molecüle eines Körpers bezeichnet, bei welcher unter dem Einflusse einer mechanischen Kraft eine

Verschiebung des einen Molecüls ohne Näherung oder Entfernung gegen das andere eintritt. Genau in dieser Weise kann jedoch Biegung nur innerhalb einer einzigen Fläche oder Molecülschicht stattfinden, welche den gebogenen Körper in zwei Hälften theilt, und die neutrale Faser genannt wird; auf der einen Seite derselben wird Näherung der Molecüle — Stauchung — eintreten, auf der entgegengesetzten Seite Entfernung der Molecüle — Streckung. Dementsprechend wird die eine Hälfte eines jeden gegen die neutrale Faser rechtwinklig stehenden Querschnitts des gebogenen Theils eine Vergrösserung durch Anhäufung von Material, die andere Hälfte eine Schwächung durch Ausdehnung des Materials in der Längenrichtung erfahren. Je dicker der Querschnitt ist, d. h. je grösser die Entfernung von der neutralen Faser an den Umfang, desto grösser wird diese Querschnittsveränderung sein und desto grösser ist die Gefahr für Zerreissen oder Zerdrücken.

Die Mechanik lehrt uns, dass, wenn auf das freie Ende eines an dem andern Ende aufliegenden Stabes oder auf die Mitte eines an beiden Enden aufliegenden Stabes eine Kraft wirkt, eine Biegung nach einer Curve stattfindet, deren Krümmungshalbmesser umgekehrt proportional der Kraftintensität ist. Diese Biegung ist selbstverständlich bleibend, sobald die Elasticitätsgrenze des Körpers überschritten worden ist. Wenn nun nach einer einmaligen Biegung um ein bestimmtes Maass das Arbeitsstück in eine geänderte Lage gebracht wird, einen Vorschub erhält, so lassen sich durch das Aneinanderreihen mehrerer solcher Biegungen Curven hervorbringen, welche, sobald der Krümmungshalbmesser aller einzelnen Biegungen derselbe ist, als Kreislinien erscheinen und dem gebogenen Körper Cylinderform geben. Fig. 536 wird diesen allmäligen Vorschub des Arbeitsstücks und die fortschreitende Biegung unter dem Einflusse der in der Pfeilrichtung thätigen Kraft veranschaulichen. Offenbar lässt sich aber ein gleicher Erfolg, und zwar in sichererer Weise erreichen, wenn man das Maass der Biegung durch eine Unterlage (Schablone, Modell, Gesenk, Matrize) begrenzt, deren Umriss genau dem Profile des gebogenen Gegenstandes entspricht, und nun die Biegung durch eine Kraft ausführen lässt, welche das Arbeitsstück zwingt, sich genau an die vorhandene Unterlage anzulegen. Leichter ist ein solches Verfahren aus dem Grunde, weil hier das Maass der biegenden Kraft nicht mehr so streng als bei dem zuerst erwähnten Verfahren bemessen zu werden braucht, um eine bestimmte Biegung hervorzubringen; eine jede Kraft ist benutzbar, sobald sie ausreicht, den Körper um die Unterlage herumzubiegen, und ein etwaiger geringer Ueberschuss derselben wird von der Unterlage aufgenommen.

Fig. 536.



Daher ist die Anwendung solcher Unterlagen in allen denjenigen Fällen von Vortheil, wo eine grössere Anzahl gleicher Gegenstände gefertigt werden soll; und die sämmtlichen maschinellen Vorrichtungen zum Biegen beruhen auf Anwendung derselben.

Das einfachste zum Biegen dienende Geräth ist der Hammer, und der einfachste Fall der schon auf Seite 465 besprochene, wenn ein Schmied ein glühendes Stück Eisen um das Horn des Amboses biegt. Ebenso ist das Sperrhorn ein häufig benutztes Geräth zum Biegen von Metallstäben und Blechen im heissen und kalten Zustande. Kehrt jedoch die nämliche Biegung häufig wieder, so wird man ein Hilfsgeräth der soeben beschriebenen Art anwenden. So z. B. gebraucht der Schlosser, um aus dünnem Eisenbleche Röhren (für Stubenöfen) zu biegen, einen „Dorn", d. h. cylindrischen Eisenstab von dem Durchmesser, welchen das Rohr erhalten soll, und klopft das Blech um denselben herum. Da eine Streckung des Metalls beim Biegen nicht beabsichtigt wird, gebraucht man leichte Hämmer — Holzhämmer für manche Zwecke —, deren Schlagwirkung ausreicht die Biegung zu bewirken, ohne eine gleichzeitige Querschnittsverdünnung hervorzurufen.

In den Werkstätten der Klempner, bei denen überhaupt die Biegungsarbeiten eine grosse Rolle spielen, bedient man sich öfters eines Amboses, dessen schmale Bahn von halbrunden Querfurchen durchschnitten ist, und eines Hammers mit entsprechend geformter Finne, um schmale rinnenförmige Biegungen an Blechstücken hervorzubringen. Da man solche schmale halbrunde Rinnen Sicken oder Sieken nennt, heisst ein derartiger Ambos Sickenstock und der zugehörige Hammer, welcher zwei Finnen von verschiedener Breite zu besitzen pflegt, Sickenhammer. Sollen dagegen scharfkantige Umbiegungen vorgenommen werden, so benutzt man das Umschlageisen, welches eine nach oben gerichtete schmale, geradlinige oder auch gekrümmte Kante trägt; um endlich einen Rand (Bord) rechtwinklig aufzubiegen (z. B. an dem Boden eines cylindrischen Blechgefässes), dient das Bördeleisen, ähnlich dem Umschlageisen, aber stets mit gekrümmter und weniger scharfer Kante, deren eine Begrenzungsfläche senkrecht abfällt. Fig. 537 stellt einen Sickenstock, Fig. 538 ein Umschlageisen, Fig. 539 ein Bördeleisen mit theils gerader, theils gekrümmter Kante dar.

Da zufolge der oben entwickelten Theorie des Biegens vorzugsweise Arbeitsstücke mit schwachen Querschnitten gebogen werden, so genügt der Handhammer zur Ausführung dieser Arbeit, und ein Ersatz desselben durch Maschinenhämmer würde in Rücksicht auf den geringen Aufwand an zu leistender Arbeit meistens zwecklos sein. Je länger aber die zu bewirkende Biegung ist, desto weniger zweckmässig erscheint die Anwendung des Hammers überhaupt, denn desto mehr einzelner Hammerschläge sind erforderlich, um nach und nach die Biegung in der ganzen Längenausdehnung zu vollbringen. Es treten also in diesem Falle jene maschinellen Apparate als geeigneter in den Vordergrund, welche ent-

weder durch einen einzigen ruhigen, auf die ganze zu biegende Fläche einwirkenden Druck die Formveränderung bewirken — Pressen —; oder welche bei kreisförmigen Querschnitten nur auf eine einzige Stelle des Arbeitsstücks wirken, dieses aber durch Drehung um ihre eigene Achse in Folge der Reibung an den Berührungsstellen geradlinig fortbewegen und somit die Biegung in raschem Fortgange auf die ganze mit ihrem Umfange in Berührung kommende Länge (Breite) des Arbeitsstücks übertragen — Walzwerke; oder endlich diejenigen Vorrichtungen, bei denen eine fremde Zugkraft die Fortbewegung des Arbeitsstücks bewirkt, während dieses durch die formgebende Oeffnung hindurchgeht — Ziehwerke.

Fig. 537.

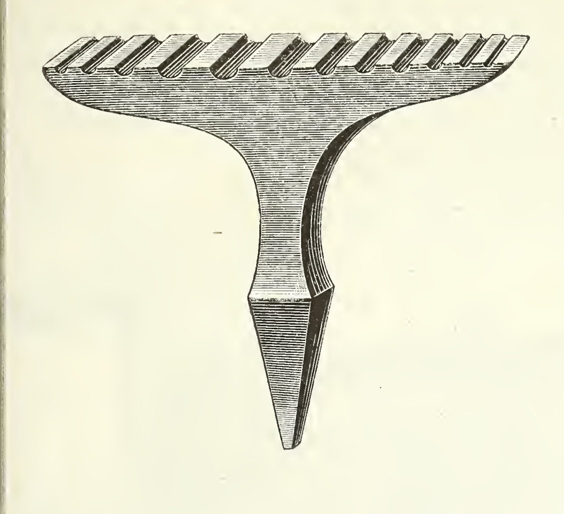
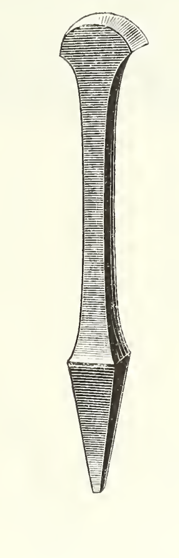


Fig. 538. Fig. 539.



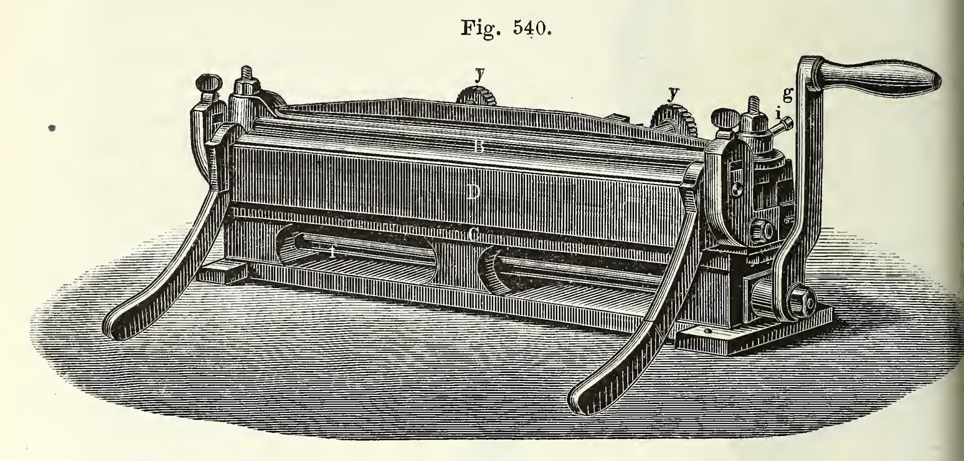
Pressen finden in mannigfacher Ausführung Anwendung. Zur Uebertragung beziehentlich Vervielfältigung der Kraft dient für grössere Leistungen bisweilen die Schraube mit Hebel und Schwungkugeln, wobei der Apparat dem in Fig. 455 auf Seite 586 abgebildeten Schraubendurchstosse ähnlich wird. Zum Geraderichten gewalzter Eisenstäbe (Träger, Schienen u. a.) findet eine solche grössere Schraubenpresse häufige Anwendung; der verbogene Stab liegt unterhalb der Schraube auf zwei Unterlagen in kurzem Abstande von einander frei auf, so dass die convexe Seite nach oben gerichtet ist; die Schraube drückt von oben

gegen dieselbe und biegt somit den Stab gerade. Für kleinere Kraftleistungen, welche die bei Weitem häufigeren sind, insbesondere in den Klempnerwerkstätten, ist jedoch der Handhebel ein noch einfacheres und vollständig genügendes Hilfsmittel zur Ausübung des Drucks; und durch zweckmässige Einrichtung der die Form der Biegung bestimmenden Theile hat man bei Construction der hierher gehörigen Maschinen Erfolge erreicht, welche hinsichtlich des Verhältnisses zwischen Einfachheit und Leistung des Apparates als überraschend bezeichnet werden können.

Einige Beispiele mögen hierfür als Erläuterung dienen.

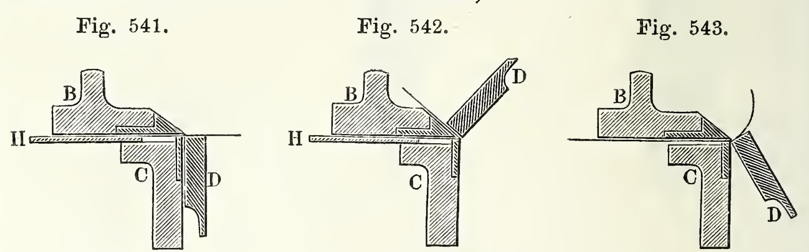
Eine Maschine, welche den Zweck hat, ebene Blechtafeln am Rande „abzukanten", d. h. unter einem rechten oder spitzen Winkel umzubiegen,

Fig. 540.




zu „falzen" oder „umzuschlagen", d. h. um 180⁰ stumpf umzubiegen, so dass eine Art Rinne entsteht, um zur grössern Steifigkeit Draht einzulegen etc., zeigt Fig. 540 in perspectivischer Ansicht, während die Figuren 541 bis 545 die Anwendung der Maschine erläutern. (Construction von E. Kircheis in Aue in Sachsen.)

Fig. 541. Fig. 542. Fig. 543.

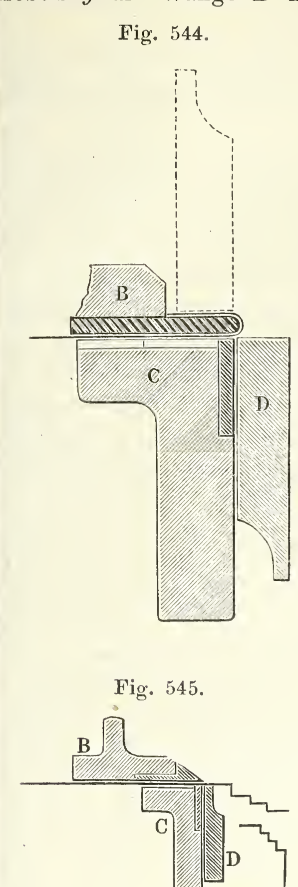



*B* und *C* sind zwei Wangen (Spannwangen), zwischen welchen das zu biegende Blech in der aus Fig. 541 ersichtlichen Art und Weise eingespannt wird. Die obere Wange *B* ist zu diesem Ende an zwei senkrechten Zugstangen befestigt, welche mit einer im untern Theile des Ge-

stells gelagerten Excenterwelle *f* verbunden sind und bei Drehung des Hebels *g* die Wange *B* heben oder senken, somit ein bequemes Einschieben des Blechs von vorn und Festspannen ermöglichend. Der zwischen den geschlossenen Spannwangen bleibende Zwischenraum lässt sich ausserdem durch Drehung der Schraubenmuttern verändern, welche die Wange *B* mit den Zugstangen verbinden. Damit die Biegung in ganz bestimmtem Abstande vom Rande der Blechtafel erfolge, ohne dass ein vorheriges Anreissen nöthig wird, befindet sich ein verstellbarer Rahmen oder Anschlag *H* (Fig. 541) zwischen den Wangen, der die Lage des eingeschobenen Arbeitsstücks bestimmt, mit Hülfe der Schrauben *yy* (Fig. 540) verstellbar ist und für manche Zwecke auch ganz entfernt werden kann. Die Kanten beider Wangen sind mit sauber gearbeiteten Stahlschienen belegt.

Fig. 544.

Fig. 545.




Vor der Wange *C* befindet sich die „Biegewange“ *D*, in der Ruhe die Stellung wie in Fig. 540 und 541 einnehmend. An den beiden Enden ist dieselbe mit zwei Hebeln verbunden, welche mit seitlichen Drehungszapfen in Lagern, die am Gerüste angeschraubt sind, ruhen und dadurch auch die Lage und Drehung der Wange sichern. Um jedoch den verschiedenen Verwendungen der Maschine entsprechend die Lage der Drehungspunkte der Biegewange ändern zu können, sind theils jene Lager mit Hilfe eines Schlitzes horizontal am Gerüste verstellbar, theils sind die Lagerpfannen mit Hilfe je einer senkrechten Stellschraube und Gegenmutter höher und niedriger stellbar. In Fig. 540 werden die Schrauben zur Horizontal- wie zur Verticalverstellung leicht erkennbar sein.

Wie aus den Querschnitten der Schiene *D* sich ergiebt, hat dieselbe eine breite und eine schmale Kante; um nach Bedürfniss die eine oder andere derselben benutzen zu können, ist sie zwischen den Hebelbacken um zwei Zapfen drehbar, so dass entweder wie in den Figuren 541 bis 544 die breite Kante oder wie in Fig 545 die schmale Kante oben steht.

Fig. 541 zeigt das zum Falzen eingelegte Blech, Fig. 542 dasselbe nach beendigter Biegung. Soll die Biegung auf 180 Grad ausgedehnt werden, so wird nunmehr das Blech zwischen *B* und *C* herausgezogen, auf die schräge Kante der Schiene *B* gelegt und dann durch Empor-

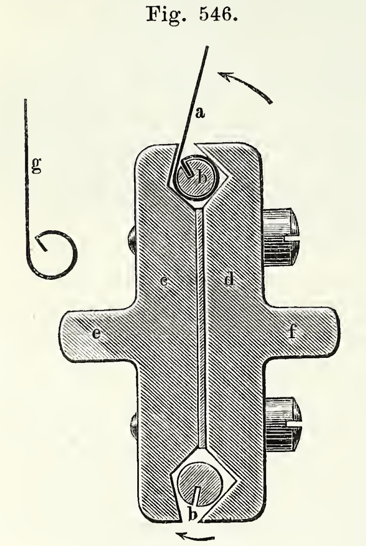
drücken von *D* der Falz vollendet (zugedrückt). Um Biegungen nach bestimmten Winkeln hervorzubringen, ist auf der Maschine ein Anschlag *i* stellbar befestigt, welcher den Hub der Hebel begrenzt.

Fig. 543 zeigt, wie man curvenförmige Querschnitte (Hohlkehlen) durch ruckweisen Vorschub des von hinten eingesteckten Blechs zu biegen vermag.

Zum „Hohlumschlagen“ der Bleche, wie es in Fig. 544 dargestellt ist, werden der Maschine Schienen von verschiedener Dicke beigegeben, die alsdann an die Wange *B* befestigt werden, nachdem die schräge Abkanteschiene derselben entfernt worden ist. Die Stellschrauben für die Drehungszapfen der Hebel und der Biegewange *D* werden hierbei so hoch gestellt, dass bei der Drehung von *D* zugleich ein Anheben in die punktirte Stellung oberhalb der eingelegten Schiene möglich wird. Im Uebrigen dürfte die Abbildung das Verfahren genügend erläutern.

Fig. 545 zeigt endlich die Anfertigung von kurzen auf einander folgenden Abkantungen mit Hilfe der schmalen Kante der Biegewange *D*. Das Blech wird nach jeder einmaligen Abkantung herausgenommen und gewendet, um der abwechselnden Richtung der Biegungen Rechnung zu tragen.

Fig. 546.

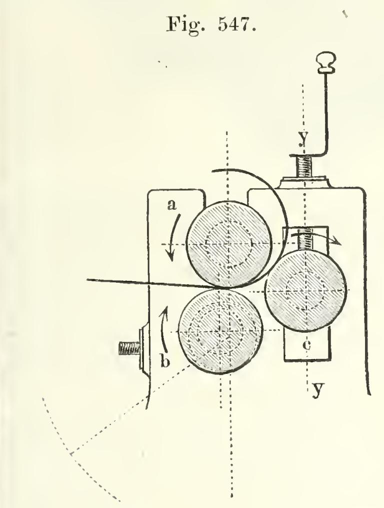



Das Princip einer sogenannten Wulstmaschine, welche den Zweck hat, den Rand von Blechstücken cylinderförmig (zu einem „Wulste“) umzubiegen — z. B. die horizontalen Ränder von Dachrinnen —, zeigt die Abbildung Fig. 546 in halber natürlicher Grösse. Zwei mit einander verbundene Gusseisenstücke *c* und *d* bilden zusammen den Rahmen oder die Wange der Maschine und lassen sich mit Hilfe zweier angegossenen Rippen *e* und *f* auf der mit passendem Ausschnitte versehenen Werkbank aufstellen. In einem nach oben mit schmaler Oeffnung auslaufenden prismatischen Längsschlitze der Wangen befindet sich ein cylindrischer Stahlstab *b* von dem Durchmesser des herzustellenden Wulstes, an den Enden der Wangen aufruhend und durch zwei an seinen Enden aufgesteckte Kurbeln drehbar. Derselbe ist mit einer Längsnuth von etwa 5 mm Tiefe versehen, in welche das am Rande gerade geschnittene Blech von aussen hereingesteckt wird. Dreht man nun den Stahlstab in der Richtung des Pfeils, so wickelt sich das Blech, welches in der Nuth festgehalten wird, um den Stab herum und bildet den Wulst, welcher in *g* besonders abgebildet ist. Um die Maschine für Wulste von verschiedenen Durchmessern benutzen zu können, ist sie an der untern Seite mit einem zweiten etwas dickern Stabe ver-

sehen. Im Ganzen beschränkt sich die Anwendung der Wulstmaschine auf Herstellung von Rundungen nicht über 12 mm im Durchmesser.

Die zum Biegen benutzten Walzwerke lassen sich ihrer Wirkungsweise entsprechend in zwei verschiedene Gruppen sondern. Bei der einen derselben dient ein Paar Walzen lediglich dazu, den Vorschub des stab- oder blechförmigen Arbeitsstücks zu veranlassen, welches an einer bestimmten Stelle des Apparates unter dem Einflusse eines stetig bleibenden Drucks eine Biegung erhält und mithin im Verlaufe seines Durchgangs zu einem Cylinder gebogen wird, dessen Durchmesser von der Stärke des ausgeübten Drucks abhängig ist (vergl. den auf S. 715 besprochenen und in Fig. 536 veranschaulichten Vorgang der Biegung). Um nun die unvermeidliche Reibung zwischen dem in Bewegung befindlichen Arbeitsstücke und dem einen Druck ausübenden Werkzeuge auf ein möglichst geringes Maass zurückzuführen, formt man auch das letztere walzenförmig, so dass demnach ein solches Walzwerk mindestens drei Walzen enthält, zwei für den Vorschub und eine für die Biegung. Fig. 547 stellt die Einrichtung eines solchen zum Biegen von Blechen in Cylinderform dienenden Walzwerks, gewöhnlich Blechbiegemaschine genannt, dar. *a* und *b* sind die Zuführungswalzen, deren Abstand von einander gemäss der verschiedenen Blechdicke durch Verstellung der untern Walze veränderlich ist. Die Bewegung erfolgt durch ein Paar Getriebe, auf den Enden der im gusseisernen Walzgerüste gelagerten Walzenzapfen befestigt, deren eins durch Zahnradübersetzung von einer Handkurbel oder bei grösseren Maschinen von einer Riemenwelle aus seinen Antrieb erhält. *c* ist die Biegewalze, mit Hilfe einer Schraubenspindel senkrecht oder schräg verstellbar. Je höher dieselbe verstellt wird, desto grösser ist der von ihr auf das Blech ausgeübte Druck, desto stärker die Biegung oder, mit anderen Worten, desto kleiner der Durchmesser des entstehenden Cylinders. Um den fertigen Cylinder aus der Maschine entfernen zu können, ist die obere Walze herausnehmbar, nachdem die Lagerdeckel gelöst sind. Giebt man der Maschine eine Einrichtung, welche neben der erwähnten Verstellung von *c* auch eine Aenderung der Achsenrichtung derselben ermöglicht, so dass ihre Achse schräg gegen die Achsen der Walzen *a* und *b* gerichtet ist, so ist man dadurch in Stand gesetzt, auch Kegelmäntel zu biegen.

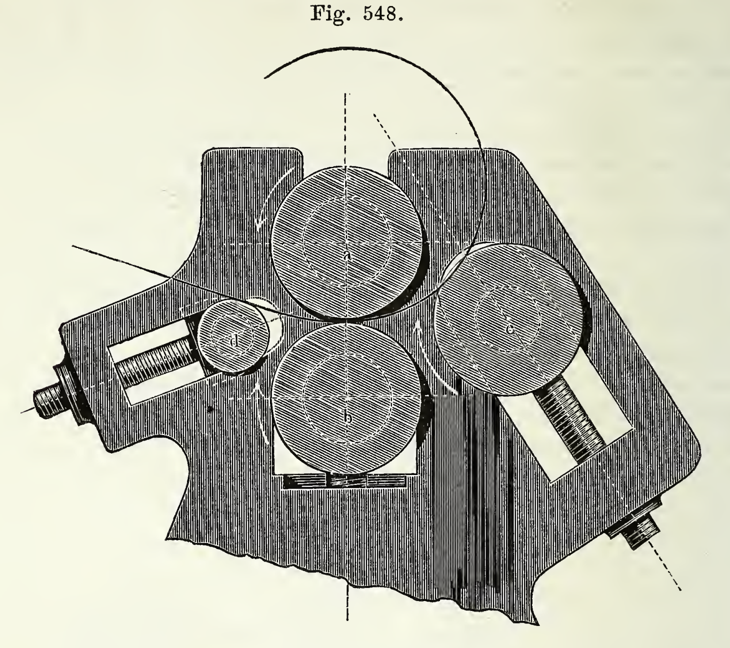
Fig. 547.




Für stärkere Bleche empfiehlt es sich, eine zweite Biegewalze vor den Zuführungswalzen anzubringen, welche dem Bleche schon eine

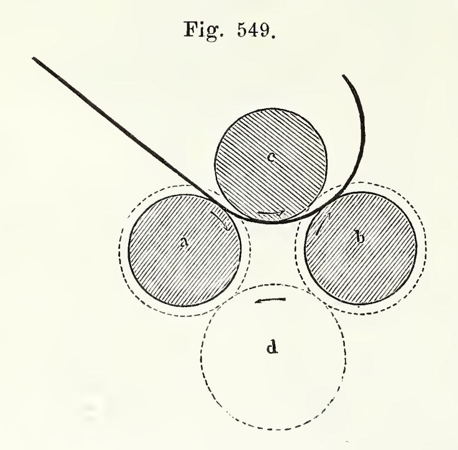
schwächere Vorbiegung ertheilt als dasselbe schliesslich durch die hinter den Zuführungswalzen gelagerte Biegewalze erhalten soll. Fig. 548

Fig. 548.




stellt eine solche Anordnung dar. *a* und *b* sind die Zuführungswalzen, *c* die eigentliche Biegewalze, *d* die Vorbiegewalze, welche zugleich die Einführung schwerer Blechtafeln erleichtert. *c* und *d* sind selbstverständlich für verschiedene Biegungen in ihrer Lage gegen *a* und *b* verstellbar.

Fig. 549.




Eine andere Anordnung solcher Biegemaschinen ist in Fig. 549 skizzirt. Hier sind *a* und *b* die beiden Zuführungswalzen, *c* die Biegewalze. Die punktirten Kreise stellen die Getriebe dar. Der an zwei Enden frei aufliegende Stab (Blech) empfängt also seine Durchbiegung in der Mitte. Die Walze *c* ist natürlich in ihrer Höhenlage verstellbar, wonach kleinere oder grössere Cylinderdurchmesser erfolgen. Die Walzen *a* und *b* müssen hier, da sie das Blech von derselben Seite her erfassen, sich in gleichem Sinne drehen; man erreicht diesen Zweck durch Einschaltung eines Zwischengetriebes *d*.

Biegewalzwerke nach beiden Systemen benutzt man zum Rundbiegen der feineren wie der stärksten Bleche. Die Walzen werden meistens aus Gusseisen gefertigt; für grosse Blechbiegemaschinen giesst man sie hohl und steckt die schmiedeeiserne oder stählerne Achse mit den Laufzapfen hindurch. Kleinere Blechbiegemaschinen für Weissblech, dünneres Schwarzblech, Zink- und Messingblech, in ihrer Anordnung gewöhnlich dem ersten der beiden besprochenen Systeme entsprechend, bilden einen in den Werkstätten der Klempner vielfach benutzten Apparat; grössere Blechbiegemaschinen mit Walzen bis zu 3 m Länge und 300 mm im Durchmesser, meistens nach dem zweiten Systeme gebaut (Fig. 549) und durch Elementarkraft getrieben, sind unentbehrlich in den Dampfkesselfabriken etc. zum Biegen starker Eisenbleche, welche bei beträchtlicher Stärke im rothwarmen Zustande gebogen werden [1]); Biegewalzwerke mit schmalen Walzen zum Biegen von Stäben (Reifenbiegemaschinen), gleichfalls häufiger nach dem zweiten Systeme gebaut, finden sich in zahlreichen Schmiedewerkstätten zum Biegen von Radreifen, Fassbänden u. s. w.

Bei der zweiten Gruppe der zum Biegen dienenden Walzwerke ist die Oberfläche der Walzen profilirt und bringt eine dieser Profilirung entsprechende Biegung des hindurchgehenden Arbeitsstücks hervor. Wenn man z. B. die Oberfläche eines gewöhnlichen Walzenpaars mit querlaufenden, genau in einander greifenden Cannelirungen versieht, so wird ein hindurchgehendes Arbeitsstück (Blech oder Stab) in entsprechend geriffelter Form herauskommen. Ebenso lassen sich durch Profile, welche wie Kaliber ringförmig um die Walze herumlaufen und in Ober- und Unterwalze sich gegenseitig ergänzen, Biegungen mannigfachster Art auf das hindurchgehende Blech, dessen Länge natürlich unbegrenzt ist, übertragen. Für Gesimse in verschiedenartigster Gliederung und ähnliche Zwecke lässt sich auf diese Weise das gebogene Blech herstellen.

Wenn jedoch ringförmige Körper mit gegliedertem Profile hergestellt werden sollen, insbesondere also, wenn der Rand derselben gebogen werden soll, wie es bei Anfertigung von Hohlgefässen aus Blech vielfach vorkommt, so ist es meistens zweckmässiger, zuerst aus dem glatten Blechstreifen den Ring zu bilden und diesen dann durch Biegung des Randes etc. umzuformen, als umgekehrt. Ein gewöhnliches Walzwerk würde nun für solche Zwecke nicht brauchbar sein, sondern, um den

---

[1]) Arbeitsverbrauch beim Biegen nach Hartig

$$A = \alpha \frac{h}{\varrho} V mkg,$$

worin

$h$ die Dicke des Blechs in Millimetern,

$\varrho$ den Halbmesser der Biegung in Millimetern,

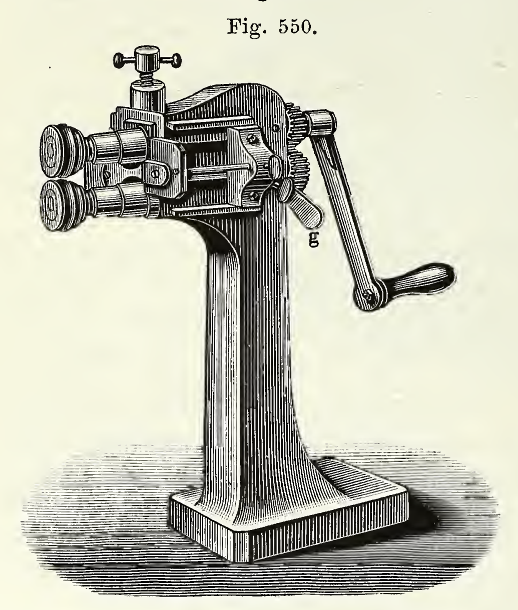
$V$ das Volumen des Arbeitsstücks in Cubikmillimetern

bedeutet und $\alpha$ für kaltes Schmiedeeisen = 0,075 zu setzen ist (Civilingenieur 1876, S. 79).

Ring zwischen die Walzen bringen zu können, muss ein Kopfwalzwerk (vergl. Seite 520) gewählt werden. Da diese Kopfwalzwerke vielfach den Zweck haben, Sicken, d. h. stumpfe Umbiegungen des Randes an cylindrischen Blechgefässen hervorzubringen, wozu sonst der Sickenambos und Sickenhammer benutzt werden (vergl. Seite 716), nennt man sie gewöhnlich Sickenmaschinen.

Fig. 550 zeigt das Aeussere einer solchen Sickenmaschine (von E. Kircheis in Aue), deren Einrichtung kaum einer Erläuterung bedürfen wird. In dem gusseisernen Gerüste sind zwei horizontale Wellen gelagert, deren obere mit Hilfe einer auf ihr Lager wirkenden Druckschraube sich um ein gewisses Maass höher oder niedriger stellen lässt, während die untere vermittelst einer Schraubenlagerbüchse, welche durch den Handgriff *g* gedreht wird, in horizontaler Richtung verstellbar gemacht ist (vergl. unten Fig. 551). Auf den vorstehenden Enden der Wellen sind mit Schraubengewinde die zum Auswechseln eingerichteten, sauber nach dem vorgeschriebenen Profile gedrehten Walzen befestigt. Die Drehung wird von der am rechten Ende befindlichen Handkurbel aus durch zwei Getriebe auf die Walzen übertragen.

Fig. 550.

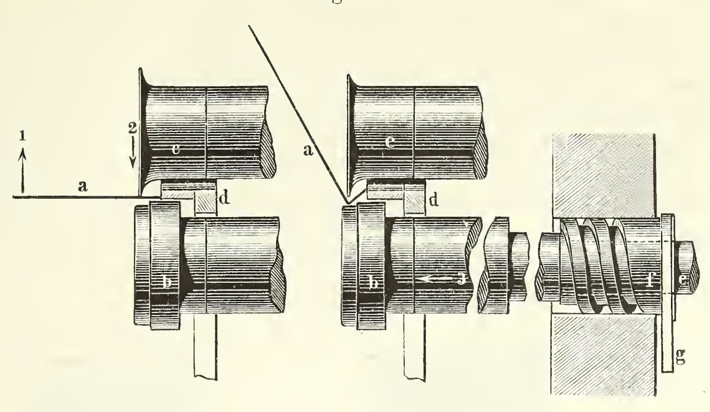



Einige Beispiele mögen einen ungefähren Begriff geben, für wie zahlreiche Anwendungen die Sickenmaschine geeignet ist.

Wenn am Rande eines Blechstreifens, eines kreisförmigen Bodens oder eines Hohlcylinders eine rechtwinklige Aufbiegung (Bord, Börtel) hervorgebracht werden soll, so setzt man die in Fig. 551 abgebildeten Börtelwalzen ein, steckt das Blech in der links abgebildeten Lage zwischen die Walzen, nachdem der Anschlag *d* (vergl. auch Fig. 550) eingestellt worden ist, und setzt die Walzen in Drehung. Die Oberwalze wird nun langsam in der Pfeilrichtung 2 niedergedrückt und das Arbeitsstück aus freier Hand oder auch mit Hilfe eines besonders dazu construirten Führungsbügels in der Pfeilrichtung 1 langsam aufgebogen. Es kommen so allmälig die Theile *abc* in die rechts abgebildete Stellung, womit die Arbeit beendet ist. Für ganz schmale Börtel wird

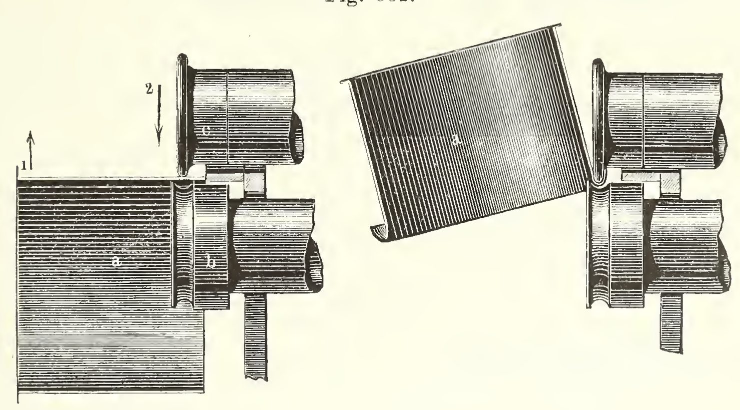
die Unterwalze in der Pfeilrichtung 3 auf die schon beschriebene Art und Weise verstellt.

Fig. 551.




Es ist leicht ersichtlich, dass bei dieser wie auch bei den sogleich zu beschreibenden Arbeiten der aufgebogene Rand eine Vergrösserung seines Durchmessers erfährt, und daher eine wirkliche Streckung stattfindet. Der zum Aufbiegen erforderliche Druck wird, streng genommen, durch Pressen von Hand hervorgebracht, wobei der Schenkel *a* selbst als Hebelarm dient und die Walzen den Stützpunkt bilden, während sie zugleich den Vorschub des Arbeitsstücks ausführen.

Fig. 552.

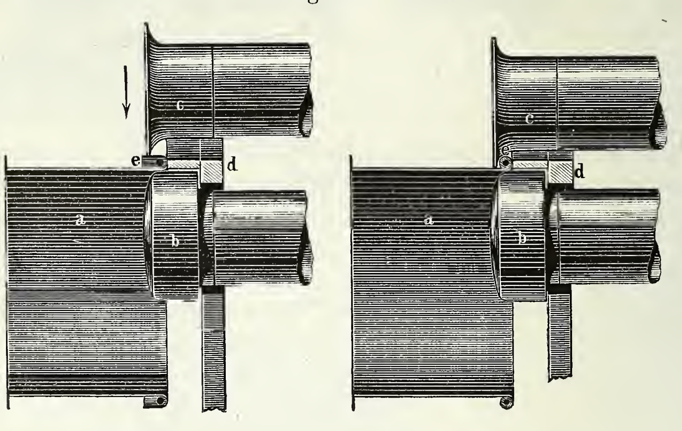



Um eine wirkliche Sicke, d. h. eine halbcylindrische Rinne, zu bilden, gebraucht man die in Fig. 552 abgebildeten Walzen. Das Verfahren ist im Wesentlichen das nämliche als beim Börteln, in der Abbildung ist links das cylindrische Gefäss nach dem Einlegen abgebildet; es folgt dann, nachdem die Walzen in Drehung versetzt worden sind, ein all-

mäliges Niederdrücken der Oberwalze nach Pfeilrichtung 2 und Aufbiegen des Gefässes nach Pfeilrichtung 1, bis schliesslich die rechts abgebildete Endstellung erreicht ist.

Eine solche Sicke pflegt zum Einlegen eines ringförmigen Drahts benutzt zu werden, damit der Rand eine grössere Festigkeit erhalte; es muss dann aber nach diesem Einlegen das Blech rings um den Draht umgebogen werden, damit derselbe nicht herausfallen und der scharfe Blechrand nicht hinderlich für die Benutzung wirken kann. Zu dieser Arbeit, welche von den Klempnern das Zulegen genannt wird, dienen die Walzen Fig. 553. Links ist wieder die Anfangs-, rechts die Endstellung gezeichnet, welche das Verfahren hinlänglich klar vor Augen führen dürften.

Fig. 553.




Karniese und gesimsartige Gliederungen lassen sich auf demselben Walzwerke mit entsprechend profilirten Walzen sowohl an geraden Blechstreifen wie an ringförmigen Körpern einbiegen.

Hat das Arbeitsstück dagegen die Form einer kreisrunden oder elliptischen Scheibe, welche während der Arbeit um ihren Mittelpunkt gedreht wird, so erfolgt eine Scheibe mit rings herum laufenden Profilirungen, wie es z. B. Fig. 554 darstellt. Die Drehung lässt sich leicht von Hand regeln, da der Anschlag *d* (in den Figuren 551, 552, 553) die richtige Lage des Arbeitsstücks bestimmt und die Walzen selbst dasselbe mitnehmen; übrigens würde sich auch sehr leicht eine Einspannvorrichtung zwischen Körnern ähnlich wie diejenige der auf Seite 581 abgebildeten Kreisscheere anbringen lassen. Die schwache Wölbung der Scheibe nach der Mitte zu wird vorher durch ein besonderes Verfahren ausgeführt.

Fig. 554.



Sofern die Ziehbank zum Biegen benutzt wird, dienen zwei Stahlbacken an Stelle des Zieheisens der früher beschriebenen Ziehbänke, die

nach einer dem herzustellenden Profile entsprechenden Linie auf einander schliessen und zwischen denen das Arbeitsstück hindurchgezogen wird, zur Hervorbringung der Biegung. Die obere der Backen wird durch eine oder (bei grosser Breite) zwei Druckschrauben gegen die untere gedrückt, um bei starken Biegungen sie allmälig derselben nähern zu können. In der äusseren Anordnung ist also eine solche zum Biegen von Blechen in gegliederte Formen dienende Ziehbank — von den Klempnern Secken- oder Sickenzug genannt — der auf Seite 532 abgebildeten Schleppzangenziehbank sehr ähnlich; die Bewegung erfolgt meistens von Hand vermittelst einer Kurbel mit Schwungrad, und zwar seltener durch Kette oder Riemen mit Schleppzange als durch eine zwischen den Backen des Gestells geführte und durch ein Getriebe bewegte Zahnstange mit aufrecht stehendem Kopfe, an welchem eine oder zwei Zangen mit Klemmschrauben zum Erfassen des Arbeitsstücks angebracht sind. Da der Druck zwischen den Backen allein die Formveränderung ausführt, kann eine solche Ziehbank vom technologischen Standpunkte aus als eine Presse mit Vorschub des Arbeitsstücks durch die Ziehvorrichtung betrachtet werden, ebenso wie sämmtliche besprochene Walzwerke als Pressen mit Vorschub, ausgeführt durch die Reibung der Walzenoberfläche, erscheinen. Selbstverständlich erfolgen beim Ziehen nur gerade Streifen (Gesimse etc.), deren Länge durch die Länge der Ziehbank begrenzt ist. Die gleitende Reibung zwischen den formgebenden Backen während der Fortbewegung ist erheblich grösser als die rollende Reibung zwischen den Walzen der Walzwerke; und während bei letzteren die entstehende Reibung selbst den Vorschub ausführt, ist bei den Ziehbänken ein Ueberschuss von Kraft erforderlich, um die ohnehin stärkere Reibung zu überwinden. Diese offenbar schwachen Seiten der Ziehbänke zum Biegen lassen fast immer die Anwendung eines Walzwerks geeigneter erscheinen, zumal da dasselbe für viele Zwecke brauchbar ist, wo die Ziehbank nicht mehr ausreicht.

---

## Literatur über Biegen.


Hoyer, Mechanische Technologie, S. 182 ff.

Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung, Bd. 2, S. 76 ff. (Berichterstatter Hartig).

Wencelides, Hilfsmaschinen und Werkzeuge etc. S. 50 bis 60 (Fabrikation von Blechbüchsen in der Atlantic Petroleum Storage Comp. in Philadelphia).

Karmarsch-Heeren, Technologisches Wörterbuch 3. Auflage, bearbeitet von Kick und Gintl, Bd. 1, S. 541 ff. (Artikel „Blechbearbeitung“).

Hart, Werkzeugmaschinen, Text Seite 366, Atlas Taf. 63 (Blech- und Schienenbiegmaschine).


---

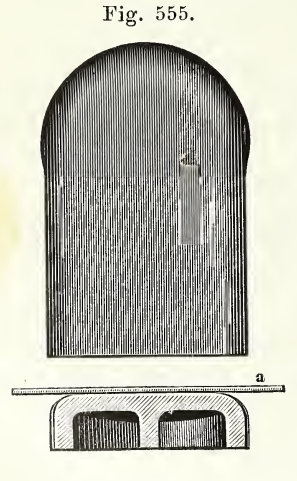
## b. Das Treiben und Aufziehen, Stanzen, Drücken, Ciseliren, Prägen.

Der Begriff des Treibens und Aufziehens sowie die Ausführung dieser Arbeiten in ihrer rohesten Form wurde bereits auf Seite 463 und 464 sowie hinsichtlich ihrer Ausführung durch Pressen auf Seite 478 und 479 besprochen. Ersteres besteht in einer Querschnittsverdünnung und dadurch hervorgerufenen Streckung des Materials an einer Stelle des Arbeitsstücks, welche rings eingeschlossen ist und deshalb eine Längen- oder Breitenausdehnung nicht gestattet; also zu einer Hohlform sich umzuwandeln gezwungen ist; die entgegengesetzte Arbeit, das Aufziehen, besteht in einer Querschnittsverdickung des Randes eines Arbeitsstücks durch Aufbiegen und dadurch gleichfalls bewirkten Entstehung eines hohlen Gegenstands.

Für die Vollendung der Form finden beide Arbeiten vielfache Anwendung; und die in Gold und Silber getriebenen Reliefarbeiten alter Meister bilden werthvolle Schätze unserer Kunstsammlungen.

Das einfache Werkzeug für diese Arbeiten ist wiederum der Hammer. Abgesehen von der schon oben a. a. Orte beschriebenen Anwendung der Hämmer zur ersten Bildung von Hohlkörpern finden wir denselben zur weitern Ausbildung der Form, sofern es sich um Anfertigung gröberer Gegenstände handelt, vorwiegend in Kesselschmieden (Dampfkesselfabriken) und Kupferschmieden. In den ersteren findet vorzugsweise ein Aufziehen (Umkrämpen) von Kesselblechen zu dem Zwecke statt, die Stirnwände der Dampfkessel mit einem Rande zu versehen. Man verwendet dazu gusseiserne Lehrformen, um welche herum der Rand aufgebogen wird, und hölzerne Hämmer. Um z. B. die Feuerbuchsenplatte eines Locomotivkessels von der in Fig. 555 abgebildeten Form herzustellen, gebraucht man die im Durchschnitte gezeichnete gusseiserne Lehrform, deren äussere Umrisse den inneren Abmessungen der gebogenen Platte entsprechen. Das Blech *a* wird, nachdem es zuvor ausgeschnitten worden ist, rothwarm gemacht, horizontal auf die Lehrform gelegt und nun der Rand desselben rings herum durch eine grössere Anzahl Arbeiter (6 bis 8) gleichzeitig mit den Holzhämmern bearbeitet, dadurch allmälig aufgebogen und durch das Aufbiegen entsprechend verdickt. Das Aufbiegen erfolgt vorläufig nur um einen verhältnissmässig kleinen Winkel, worauf das Blech

Fig. 555.



erst neu erhitzt wird. Diese Arbeit wird so oft wiederholt, bis die ganze Umbiegung vollendet ist, wozu vier bis sechs Hitzen erforderlich zu sein pflegen; dann wird die Platte umgewendet und auf der Oberfläche der Lehrform durch Aufschlagen mit den Holzhämmern gerichtet.

Ebenso werden die kreisförmigen Böden der Dampfkessel mit Rand versehen.

Der Kupferschmied benutzt die von den Kupferhämmern gelieferten scheibenförmigen Platten oder schon roh unter dem Auftiefhammer (Fig. 320 a. S. 404) getriebenen Hohlgefässe, um durch Treiben die mannigfachen Geräthe für die Hauswirthschaft und technische Zwecke daraus herzustellen. Seine Hämmer sind theils von Holz, theils von Eisen in verschiedener Form; als Unterlage dient ihm der Ambos. Die Bearbeitung geschieht kalt; aber ein öfteres Ausglühen während des Verlaufs der Formveränderung pflegt erforderlich zu sein, um dem Kupfer die verloren gegangene Dehnbarkeit wieder zu geben.

Diese gewerbsmässige Darstellung hohler Körper durch Treiben oder Aufziehen mit dem Hammer wird zur Kunst, wenn es sich darum handelt, auf einer Metallplatte figürliche oder ornamentale Darstellungen als Reliefs durch Treiben heraustreten zu lassen, wobei eine Zeichnung die einzige Richtschnur des Künstlers bildet.

Da es bei diesen feinen Arbeiten darauf ankommt, dass jeder Hammerschlag genau auf die richtige Stelle wirke, und da ferner für die arbeitende Fläche (Bahn) des Werkzeugs mannigfache Formen erforderlich sind, lässt man die Hammerschläge nicht unmittelbar auf das Arbeitsstück wirken, sondern benutzt ein Stahlstäbchen mit entsprechend geformtem Ende, welches mit einer Hand auf das Arbeitsstück gesetzt wird, während die andere Hand die Hammerschläge auf das entgegengesetzte Ende des Stäbchens ausführt. Diese Stahlstäbchen, deren eine grosse Anzahl von verschiedener Grösse und Form vorhanden zu sein pflegen, heissen Punzen.

Das Arbeitsstück muss bei dieser Arbeit eine Unterlage erhalten, welche einestheils dem Drucke der Punzen nachgiebt, anderntheils aber zähe genug ist, um den Eindruck auf diejenige Stelle zu beschränken, welche vom Punzen unmittelbar berührt wird. Hierzu dient für die dehnbaren Metalle (Gold und Silber) gewöhnlich Treibpech oder Treibkitt, aus schwarzem Pech, Ziegelmehl und etwas Wachs oder Terpentin zusammengeschmolzen. Man überzieht die Rückseite des Arbeitsstücks, d. h. diejenige Seite, welche erhaben werden soll und nach der Vollendung meistens die obere Seite darstellt, mit diesem Peche und befestigt sie damit auf einem grösseren Klumpen aus derselben Masse, welcher zuvor durch Erwärmen weich gemacht war und auf einer leicht drehbaren Unterlage ruht. Letztere besteht in rohester Form aus einer steinernen Halbkugel, die mit der runden Seite in einem kranzförmig zusammengelegten Tuche ruht und die flache, zur Aufnahme des Arbeitsstücks bestimmte Seite nach oben kehrt.

Für härtere Metalle — Messing, Eisen — pflegt man Blei als Unterlage zu benutzen.

Für Anfertigung wirklich künstlerischer Arbeiten durch Treiben sind jedoch, wie schon oben erwähnt wurde, Gold und Silber die fast allein verwendeten Metalle, theils weil bei denselben der Werth des Metalls in einem bessern Einklange zu dem Kunstwerthe des hergestellten Gegenstandes und der aufgewendeten Arbeit steht, hauptsächlich aber, weil gerade diese Metalle in Folge ihrer ausserordentlichen Dehnbarkeit vorzugsweise geeignet sind, beim Treiben auch die feinsten Umrisse und Zeichnungen in voller Schärfe und Schönheit hervortreten zu lassen.

Bei der rohen Formgebung wie bei den Formveränderungen durch Biegen haben wir mehrfach zu sehen Gelegenheit gehabt, wie die allmälige Wirkung zahlreicher schwächerer Hammerschläge sich häufig mit Vortheil und Ersparung an Arbeit durch einen einzigen starken Schlag oder ruhigen Druck ersetzen lässt, sobald die zu erzielende Formveränderung durch ein formgebendes Ergänzungsstück — Gesenk, Patrize, Matrize, Stempel, Stanze, Form u. s. w. genannt — genau begrenzt ist. Dasselbe ist beim Treiben und Aufziehen der Fall. Auch das Biegen unter der Presse oder zwischen Walzen schliesst ja, wie mehrfach ausgeführt wurde, häufig schon eine Querschnittsverdünnung oder Verstärkung ein. Jene Nothwendigkeit aber, bei der raschern Formgebung durch eine kräftigere Schlag- oder Druckwirkung eine oder nach Umständen auch mehrere auf einander folgende formgebende Ergänzungsstücke anwenden zu müssen, deren Umrisse denjenigen des herzustellenden Gegenstandes entsprechen, während sie andererseits die Möglichkeit geben müssen, denselben nach der Vollendung aus der Form herauszuheben, ohne diese zu zerstören; die erheblichen Kosten für Arbeit und Material, welche die Herstellung einer solchen „Form“ zu veranlassen pflegt, würden für die Anfertigung eines einzelnen Gegenstandes diese Methode als höchst ungeeignet erscheinen lassen, machen sie dagegen zu einem werthvollen Hilfsmittel für Ersparung an Arbeit und Zeit, wenn eine fabrikmässige Massenanfertigung gleicher Gegenstände beabsichtigt wird.

Schon auf Seite 478 und 479 wurde der Fall besprochen, wie man mit Hilfe der Presse im Stande ist, Hohlkörper zu bilden, sei es durch Aufbiegen, also Verdickung des Randes, sei es durch Verdünnung der mittleren Theile. In gleicher Weise geschieht das Treiben und Aufziehen bei Vollendung der Form. Einem Blechlöffel, welcher vermittelst des Durchstosses als flacher Körper aus der vollen Blechtafel ausgestossen wurde, giebt man die erforderliche Aushöhlung, indem man ihn durch einen kräftigen Druck oder Schlag in eine Form presst, deren Untertheil (Matrize) entsprechend concav, deren am Stempel oder Bär der Maschine befestigtes Obertheil (Patrize) entsprechend convex geformt ist; um aus dünnem Bleche Reliefs herzustellen (Schmucksachen, Dosen, Schalen, Theebretter und zahllose andere Gegenstände), presst oder schlägt man

dasselbe mit Hilfe von Patrize und Matrize in die verlangte Form. Ist die Querschnittsveränderung hierbei beträchtlich, so führt man dieselbe in mehreren einzelnen Stadien aus, wie es schon auf S. 479 besprochen wurde, und unterwirft, wenn es nöthig werden sollte, zwischen denselben das Arbeitsstück einem Ausglühen. Selbstverständlich sind dabei für jede weitere Formveränderung auch neue, entsprechend tiefere und engere formgebende Werkzeuge erforderlich. So z. B. sind zur Anfertigung schmiedeeiserner Kasserolle, Waschbecken und dergleichen fünf bis sieben auf einander folgender Pressungen (Schläge) in immer engeren Gesenken erforderlich. Bisweilen kann man eine grössere Anzahl Blechplatten auf einander legen und gleichzeitig verarbeiten. Während in diesem Falle die Matrize den Umrissen des fertigen Arbeitsstücks entspricht, ist die Patrize (der Stempel) entsprechend kleiner und im Profile weniger scharf ausgebildet. Nach jedem Schlage oder Drucke wird nur das unterste Blech herausgenommen und ein frisches oben eingelegt; jedes Blech durchläuft also nach und nach eben so viele einzelne Stadien der Formgebung als die Anzahl der Bleche beträgt, ohne dass entsprechend viele einzelne Stanzen erforderlich wären. Ein besonderer in die Matrize passender Stempel ertheilt schliesslich jedem einzelnen Arbeitsstücke die nöthige Schärfe der Umrisse.

Zur Uebertragung der Kraftwirkung kommen hier wieder alle die früher besprochenen Apparate in Betracht. Für Leistungen der kleinsten Art, z. B. bei Anfertigung kleiner Schmucksachen aus dünnem Goldbleche, genügt oft ein Schlag mit dem Handhammer auf das Obertheil der Form; für grössere Leistungen, insbesondere auch für fabrikmässige Anfertigung, benutzt man vielfach das Fallwerk oder den Fallhammer (Seite 409), in seiner kleinsten Form zum Betriebe mit Hilfe eines Fusstritts „Wippe“ genannt; auch die Schraubenpresse und der Kniehebel finden häufige Anwendung. Hydraulischer Druck ist nur für die grössten Kraftleistungen üblich, wie sie bei Vollendung der Form weniger häufig auftreten.

Die Stanzen und Stempel bestehen aus Gusseisen, Stahl, Bronze, für weiche Metalle auch wohl nur aus hartem Holze. Gusseisen ist am billigsten, lässt sich aber bei ornamentirten Gegenständen schlecht nacharbeiten und muss daher für solche Zwecke sehr scharf gegossen sein, wenn es benutzbar sein soll; Stahl ist durch seine Härte das dauerhafteste Material; Bronze lässt sich leichter als Gusseisen mit Grabstichel und Punzen nacharbeiten und ist deshalb für feinere Gegenstände mit reliefartiger Oberfläche vorzugsweise geeignet.

Wenn die Aufgabe vorliegt, einfache Hohlkörper mit kreisrunden oder elliptischen Querschnitten durch Treiben oder Aufziehen anzufertigen, so giebt die Benutzung einer Drehbank dazu eine vortreffliche Gelegenheit durch ein eigenthümliches und einfaches Verfahren, welches man Drücken nennt. Zur Ausführung desselben ist ein „Futter“ erforderlich, welches die Umrisse des fertigen Gegenstandes enthält und

auf der Drehbanksspindel befestigt wird, um mit dieser in Umlauf gesetzt zu werden. Dasselbe wird meistens aus hartem Holze durch Drehen gefertigt und besitzt entweder concave Form, so dass seine Innenfläche den äusseren Umrissen des zu fertigenden Stücks entspricht, oder es ist convex und bildet also gewissermaassen einen Kern für das Arbeitsstück. In dem erstern Falle wird das Blech auf dem Rande des Futters festgespannt und während der Drehung desselben mit Hilfe eines Drückstahls mehr und mehr in die Vertiefung hineingedrückt, bis es genau an den Wänden des Futters anliegt; die Formgebung erfolgt also gerade wie beim Treiben mit dem Hammer durch eine allmälige Querschnittsverdünnung, aber bei Weitem gleichmässiger und sicherer; im andern Falle wird der Rand des Blechs mehr und mehr um das convexe Futter herumgedrückt, bis auch hier ein vollständiger Anschluss erzielt ist; es findet Querschnittsverdickung, also ein wirkliches Aufziehen statt. Nicht selten lässt man, wenn der herzustellende Körper sehr tief ist, auch die eine der beschriebenen Arbeiten auf die andere folgen, um den Querschnitt nicht übermässig verändern zu müssen; zieht erst das Blech über ein convexes Futter und vollendet dann die Arbeit in einem concaven.

Die Drückstähle sind an dem vordern Ende flach mit bogenförmiger Kante geschmiedet, glatt abgerundet und an dem andern Ende in ein hölzernes Heft gefasst, um mit der Hand geführt zu werden. Als Unterstützung bei der Arbeit dient die Auflage der Handdrehbank. Zur Verringerung der Reibung zwischen Arbeitsstück und Werkzeug taucht man letzteres, je nachdem dieses oder jenes Metall gedrückt wird, in Seifenwasser (bei plattirten Blechen), Fett oder dergleichen.

Das Drücken ist, sobald Rotationskörper hergestellt werden sollen, vollkommner und rascher ausführbar als das Hämmern aus freier Hand, bedarf nicht der kostspieligen Stanzen wie das Pressen und besitzt vor der letztern Arbeit den nicht zu unterschätzenden Vortheil, dass auch sogenannte „unterschnittene“ Formen damit hergestellt werden können, d. h. Hohlkörper, deren Profile nach unten sich erweitern oder nach aussen vortretende Gliederungen zeigen: herumlaufende Bunde, Ringe und dergleichen. Wie leicht einleuchten wird, ist es mit Hilfe von Stempel und Stanze unmöglich, Formen auszubilden, welche nicht die Bedingung erfüllen, jede Unterschneidung zu vermeiden; die Profile aller gestanzten Reliefs müssen streng nach derselben Regel gebildet sein (wodurch die Vervielfältigung durch Stanzen der durch Handarbeit getriebenen Kunstwerke in genauer Wiedergabe oft unmöglich gemacht oder nur durch Zusammensetzen aus mehreren Stücken erreichbar ist); Rotationskörper aber lassen sich ohne Schwierigkeit auch in unterschnittenen Formen herstellen, wenn man das Futter, um das fertige Stück abnehmen zu können, ähnlich wie eine Gussform beim Giessen aus mehreren leicht verbundenen Theilen zusammensetzt. Daher ist das Drücken auf der Drehbank ein Verfahren, welches bei Verarbeitung aller dehnbaren Metalle und für die mannigfachsten Zwecke mit Vorliebe in Anwendung

gebracht wird, vorausgesetzt, dass die Grösse des Arbeitsstücks nicht jenes Maass übersteigt, welches durch die Grösse einer Drehbank zum Drehen von Hand gegeben ist.

Selbstverständlich gelingt das Drücken um so leichter, je dehnbarer das verarbeitete Metall ist; und je grösser die Querschnittsveränderung beim Drücken und je mehr das Metall zum Hartwerden geneigt ist, desto häufiger muss ein Ausglühen während der Arbeit stattfinden. Es kommt sogar vor, dass stark gedrückte Arbeitsstücke in Folge der entstandenen Spannung zwischen dem Rande und Boden zerspringen, wenn sie der Erhitzung ausgesetzt werden, und man verringert diese Gefahr durch zuvoriges Hämmern des Randes mit einem hölzernen Hammer.

Bei allen den zuletzt besprochenen Arbeiten wurden als Folge einer Querschnittsänderung aus flachen Arbeitsstücken Körper gebildet, welche auf der einen Seite concave, auf der andern convexe Flächen zeigten. Etwas anders gestaltet sich der Vorgang, wenn entweder die Dicke des Arbeitsstücks eine solche ist, dass das Ausweichen des gedrückten Metalls, welches auf der Rückseite dünner Arbeitsstücke jene convexen Hebungen hervorruft, nicht mehr durch die ganze Metallmasse hindurch stattfindet, oder, was im Grunde dasselbe ist, wenn eine starre Unterlage des Arbeitsstücks jenes Hervortreten erhabener Flächen auf der Rückseite unmöglich macht. In beiden Fällen kann sich die Einwirkung des Werkzeugs nur noch durch eine entsprechende Verdichtung der zunächst gelegenen Theile und insbesondere durch das Hervortreten seitlicher Erhabenheiten an der Oberfläche des Arbeitsstücks — nicht an der Rückseite — bemerkbar machen.

Als hauptsächlichstes Werkzeug für Handarbeit zu solchen Zwecken finden wir wieder den Punzen nebst Hammer; und die Arbeit mit demselben in der beschriebenen Weise heisst Ciseliren im engern Sinne. Es sei hier erwähnt, dass auch die Arbeit mit dem Grabstichel gewöhnlich unter derselben Bezeichnung verstanden wird; denn beide Werkzeuge pflegen von demselben Arbeiter geführt zu werden; das eine zur Hervorbringung von Eindrücken unter Benutzung der Dehnbarkeit des Metalls, das andere, um durch Wegnahme von Spänchen vertiefte Linien etc. hervorzubringen; beide Werkzeuge werden häufig abwechselnd bei der nämlichen Aufgabe gebraucht und ergänzen sich gegenseitig. Deshalb finden wir die Punzen neben dem Grabstichel in allen solchen Werkstätten, wo auf der Oberfläche von Metallwaaren feinere erhabene oder vertiefte Linien anzubringen oder nachzuarbeiten sind; in den Statuen- und Kunstgiessereien zum Nacharbeiten der gegossenen Bronzefiguren und Ornamente; in den Graviranstalten; und für mannigfache andere Zwecke. Die arbeitenden Endflächen der Punzen sind daher auch für diese Zwecke in mannigfachen Formen vertreten. Kommt es jedoch vor, dass eine und dieselbe Zeichnung, Inschrift oder dergleichen öfter wiederkehrend angebracht werden muss, so benutzt man mit grossem Vortheile solche Punzen, welche die Zeichnung, Buchstaben etc. in umgekehrten

Linien an ihrer Endfläche tragen und demnach in vollständiger Ausbildung durch einen einzigen Schlag auf das Metall übertragen. Bekannt sind in dieser Hinsicht die Zahlen- und Buchstabenpunzen für Ziffern und Inschriften; aber auch Ornamente, Wappen und dergleichen lassen sich durch einen geeigneten Punzen auf einer Metalloberfläche anbringen. Am leichtesten gelingt hierbei die Herstellung, wenn die herzustellende Figur (Buchstabe, Ziffer etc.) auf dem Punzen erhaben, auf dem Arbeitsstücke vertieft erscheint und das Metall also bei Entstehung des Eindrucks seitlich ausweicht; es gelingt aber auch, erhabene (reliefartige) Figuren durch einen Punzen mit vertiefter Zeichnung herzustellen, indem das Metall rings um die Zeichnung her zusammengedrückt und so gezwungen wird, nach der Vertiefung des Punzens hin auszuweichen, diese als erhabenen Abdruck wiedergebend.

Je grösser aber die Fläche der herzustellenden Eindrücke ist, je tiefer und schärfer dieselben im Metalle hervortreten sollen, desto grösser wird der erforderliche Kraft- und Arbeitsaufwand; und es tritt eine Grenze ein, wo Handarbeit nicht mehr ausreicht oder doch die Anfertigung erheblich verzögern würde. Wenn also fabrikmässig die Oberfläche einer grossen Anzahl gleicher Gegenstände in jener Weise mit vertieften oder erhabenen Zeichnungen als Abdrücken der Werkzeugfläche versehen werden soll — wir erinnern an die Anfertigung von Münzen und Medaillen, welche in älterer Zeit gleichfalls mit dem Hammer „geschlagen“ wurden —, so wendet man statt des Hammers eine Maschine an, welche durch einen einzigen kräftigen Stoss oder Druck die Formgebung ausführt. Der Punzen wird zum Stempel und die Arbeit heisst Prägen. Giebt man hierbei, wie z. B. bei der Münzenanfertigung, auch der starren Unterlage des Arbeitsstücks eine mit erhabenen oder vertieften Zeichnungen versehene Oberfläche, so drücken sich dieselben auf der untern Seite des Arbeitsstücks in derselben Weise ab, als die Zeichnungen des Stempels auf der obern, und man kann demnach auf diese Weise durch einen einzigen Schlag oder Stoss beide Seiten gemeinschaftlich bearbeiten.

Unter den angewandten, drückend oder stossend wirkenden Maschinen finden wir auch hier ausschliesslich schon bekannte Formen. Die senkrechte Schraubenspindel mit drei- bis vierfachem flachem Gewinde und langem Schwengel mit Schwungkugeln bildete lange Zeit die allein angewendete Maschine zum Prägen von Münzen, und wird jetzt noch häufig zum Prägen der Münzstempel benutzt (vergl. Anfertigung der Münzen im speciellen Theile); in neuerer Zeit ist dieselbe durch die Kniehebelpresse vielfach verdrängt worden; auch Excenterpressen und hydraulische Pressen sind für Specialzwecke in Anwendung.

---

Literatur über Treiben, Stanzen, Prägen etc.

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, Bd. 1, S. 358, 364, 368.
Prechtl-Karmarsch, Technologische Encyclopädie, Bd. 2, S. 291 ff. Bd. 7, S. 143.

## III. Die Zusammenfügungsarbeiten.

Die Fälle, dass Gegenstände aus Metall erst durch Zusammensetzung aus mehreren, unabhängig von einander angefertigten Theilen vollendet werden können, sind zahlreich. Häufig ist die Schwierigkeit oder gar Unmöglichkeit der Anfertigung in einem einzigen Stücke der Grund hierfür; bisweilen besteht auch das Stück aus mehreren verschiedenen Metallen neben einander; oder aus technischen Gründen ist ein öfteres Auseinandernehmen desselben erforderlich; und dergleichen. In welcher Weise in allen diesen Fällen die Verbindung — Zusammenfügung — der einzelnen Bestandtheile zu bewerkstelligen ist, richtet sich also theils nach dem Zwecke des fertigen Gegenstandes, ist aber andererseits auch von der Beschaffenheit des Materials sehr abhängig.

### 1. Adhäsionsverbindungen.

Wir verstehen unter diesem Ausdrucke alle solche Verbindungen, bei denen lediglich die hergestellte Adhäsion zwischen den Molecülen gleichartiger oder auch fremdartiger Stoffe den Zusammenhang bewirkt. Wie schon bei Besprechung der Schweissbarkeit der Metalle besprochen wurde (S. 341 ff.), sind aber zur Herstellung einer solchen Adhäsion (beziehentlich Cohäsion), d. h. Näherung der Molecüle bis zu demjenigen Grade, wo ihre gegenseitige Anziehungskraft wirksam wird, hauptsächlich zwei Bedingungen zu erfüllen: absolute Reinheit der zu vereinigenden Oberflächen und ein plastischer (beziehentlich flüssiger) Zustand derselben, welcher allein jene Annäherung der Molecüle in dem erforderlichen Grade ermöglicht. Sobald es gelingt, jene beiden Bedingungen gleichzeitig zu erfüllen, wird auch eine Verbindung gleichartiger und selbst verschiedenartiger Metalle zu erreichen sein; es wurde aber a. a. O. schon auf die Schwierigkeit hingewiesen, jenes Ziel zu erreichen. Bei der Verbindung solcher Stücke aber, welche bereits durch mechanische Verarbeitung eine fertige Form erlangt haben, kommt noch der Umstand in Betracht, dass durch Anwendung des zur Vereinigung erforderlichen Druckes in einem plastischen oder gar flüssigen Zustande die erlangte Form ganz oder theilweise wieder verloren gehen, die aufgewendete Arbeit also vergeblich gewesen sein würde. Nun giebt es aber glücklicherweise ein ziemlich einfaches Auskunftsmittel zur Umgehung dieses

Uebelstandes. Wenn man in die Fuge zwischen den zu vereinigenden metallisch reinen Oberflächen einen momentan flüssigen oder plastischen Körper — sei es aus demselben oder aus anderem Stoffe — bringt, welcher sich dicht genug an beide Flächen anlegt, um Adhäsion mit demselben zu erlangen und die Eigenschaft besitzt, alsbald feste Form anzunehmen, so bildet derselbe ein Bindemittel zwischen beiden Hälften, welches nach Maassgabe seiner eigenen Festigkeit dieselben vereinigt. Zum Gelingen einer solchen Verbindung ist es jedoch erforderlich, dass beim Starrwerden des Bindemittels eine erhebliche Volumenveränderung nicht eintrete, welche allerdings ein Losreissen schon vereinigter Flächen zur Folge haben könnte.

Das Erstarren des flüssigen oder plastischen Bindemittels kann entweder eine Folge der Abkühlung (falls es im heissen Zustande eingebracht wurde) oder auch chemischer Vorgänge sein. Im letztern Falle werden bisweilen auch die zu vereinigenden Metalloberflächen durch Eingehung chemischer Verbindungen in Mitleidenschaft gezogen, wodurch die Festigkeit der Verbindung erhöht werden kann.

Auf solcher Verbindung durch Adhäsion der Oberflächen zweier Körper, sei es unmittelbar, sei es mit Hilfe eines zwischen dieselben gebrachten Bindemittels, beruhen die in Folgendem zu besprechenden Arbeiten.

### a. Schweissen.

Dieser Ausdruck bezeichnet im Allgemeinen denjenigen Vorgang, bei welchem zwei Stücke Metall ohne Bindemittel mit einander vereinigt werden. Die üblichste Anwendung findet das Schweissen — wie schon früher erwähnt wurde — bei Verarbeitung des Eisens. Sofern es als Vollendungsarbeit benutzt wird — zur Vereinigung zweier oder mehrerer in ihrer rohen Form bereits fertiger Arbeitsstücke —, pflegt es den übrigen Vollendungsarbeiten voraus zu gehen, damit durch letztere die in dem erforderlichen weichen Zustande des Metalls entstandenen Ungenauigkeiten der Form ausgeglichen werden können.

Ueber die Vorgänge und zu erfüllenden Bedingungen beim Schweissen wurden auf Seite 341 bis 347, über das Arbeitsverfahren auf Seite 466 die nöthigen Mittheilungen gegeben, auf welche deshalb hier einfach Bezug genommen werden kann.

### b. Löthen.

Unter dem Ausdrucke Löthen versteht man die Vereinigung zweier Metallstücke durch ein zwischen ihre Fugen gebrachtes metallisches Bindemittel, welches das Loth heisst. Um das Einbringen und dichte Anlegen des Bindemittels zu ermöglichen, ist es erforderlich, dass dasselbe sich im flüssigen Zustande befinde; damit dasselbe nicht vorzeitig

erstarre, müssen die zu vereinigenden Metallflächen wenigstens angewärmt sein; um die Vereinigung überhaupt möglich zu machen, müssen ferner, wie schon oben hervorgehoben wurde, die Metallflächen durchaus rein sein von nichtmetallischen Körpern (Oxyden, Fett, Schmutz). Es folgt hieraus zunächst, dass das Loth bei einer niedrigern oder im äussersten Falle doch gleichen Temperatur schmelzen muss, als das zu löthende Metall, damit nicht dieses selbst durch das stärker erhitzte Loth zum Schmelzen gebracht werde; ausserdem wird erfahrungsmässig das Löthen gewöhnlich erleichtert, wenn das Lothmetall geneigt ist, in Legirung mit dem zu löthenden Metalle zu treten.

Die Festigkeit der Löthstelle hängt, sofern die Löthung überhaupt gelungen ist, von der Festigkeit des Loths ab; zwei Metallstücke von grosser Festigkeit durch ein Loth von geringer Festigkeit verlöthet — z. B. Gusseisen mit Zinn gelöthet — können an der Löthstelle niemals eine grössere Festigkeit als diejenige des Loths erhalten; andererseits kann die Löthstelle grössere Festigkeit besitzen als selbst die verbundenen Metalle, wenn eben als Loth ein Metall oder eine Legirung gewählt wurde, welches sich durch grössere Festigkeit auszeichnete. Gewöhnlich besitzen nun aber die festeren Metalle und Legirungen einen höhern Schmelzpunkt als die weniger festen, und es ist deshalb leichter, Löthungen herzustellen, bei denen es auf erhebliche Festigkeit nicht ankommt, als wenn in der Löthstelle eine ebenso grosse Festigkeit vorhanden sein muss, als sie das gelöthete Metall besitzt.

Um die Metallflächen völlig rein zu erhalten, insbesondere, um die beim Erwärmen sich leicht bildenden Oxyde zu entfernen, müssen die ersteren mit Körpern in Berührung gebracht werden, welche im Augenblicke des Löthens in Folge der Erwärmung die fremden Ueberzüge zu einer leicht schmelzbaren Schlacke lösen; oder welche chemische flüchtige Verbindungen mit denselben bilden; oder welche, während sie selbst in der Löthtemperatur flüchtig sind, reducirend auf die vorhandenen Oxyde wirken. In ersterer Beziehung ist der Borax ein wichtiges Hilfsmittel beim Löthen, gewöhnlich in concentrirter Lösung auf die Metallfläche gestrichen; ferner sind eine Anzahl Chlorverbindungen wichtig, welche theils verschlackend, theils verflüchtigend auf die Metalloxyde wirken, indem sie die letzteren in Chloride umwandeln, in welcher Form sie leichter schmelzbar und oft schon bei niedriger Temperatur flüchtig sind. Hierher gehört Salzsäure, Salmiak (Chlorammonium) als Pulver oder als concentrirte Lösung angewendet; Chlorzink. Als reducirendes Mittel gebraucht man vorzugsweise Kolophonium. Unter den genannten Mitteln ist Borax das üblichste zum Löthen mit schwerschmelzigeren Lothen, während die übrigen vorwiegend beim Löthen in weniger hoher Temperatur gebraucht werden.

Nicht ohne Wichtigkeit ist bei der Wahl des einen oder andern Loths die Farbe desselben. Denn da auf der Verbindungsfuge das Loth sichtbar zu sein pflegt, so würde eine von der Farbe der verbundenen

Stücke abweichende Farbe des Loths das äussere Ansehen des fertigen Gegenstandes gar sehr beeinträchtigen können, wenn nicht etwa ein späterer Ueberzug beide Farben verdecken soll. Wo dieses nicht der Fall ist — bei Gold-, Silber-, Tombak- und Messingwaaren etc. —, sucht man deshalb die Farbe des Loths möglichst in Einklang mit der des Arbeitsstücks zu bringen.

Sämmtliche benutzten Lothe pflegt man nach ihrer Schmelztemperatur in zwei Gruppen zu sondern. Die eine derselben umfasst solche Lothe, welche bei einer Temperatur unter 250 Grad Celsius schmelzen und aus Zinnlegirungen verschiedener Zusammensetzung zu bestehen pflegen. Man bezeichnet sie mit den allgemeinen Ausdrücken Weichloth, Weissloth (wegen der weissen Farbe), Schnellloth (wegen der Raschheit des Schmelzens und somit auch Löthens), Zinnloth.

Reines Zinn pflegt nur in solchen Fällen zum Löthen benutzt zu werden, wo es darauf ankommt, in Rücksicht auf die Verwendung des Arbeitsstücks fremde Metalle fern zu halten; also z. B. beim Löthen von Ess- und Trinkgeschirren, welche aus reinem Zinn gefertigt wurden.

Blei- Zinnlegirungen bilden die am häufigsten benutzten Lothe und werden ebensowohl zum Löthen der bei niedriger Temperatur schmelzenden Metalle: Zinn, Blei, Zink benutzt, als auch für Kupfer und dessen Legirungen und für Eisen, wenn die geringe Festigkeit der genannten Lothe nicht für die Verwendung des fertigen Gegenstandes hinderlich ist. Der jedesmalige Bleizusatz richtet sich nach der Schmelztemperatur des zu löthenden Metalls; mit wachsendem Bleigehalte steigt im Allgemeinen die Schmelztemperatur, verringert sich aber der Preis der als Loth dienenden Legirung. Im Allgemeinen liegt die Grenze des Bleigehalts zwischen 30 und 66 Procent. Lothe mit 30 bis 40 Procent Blei schmelzen bei 180 bis 190 Grad und heissen schwaches Schnellloth; bei den bleireicheren Legirungen steigt der Schmelzpunkt über 200 Grad (vergl. S. 91), und man nennt sie starkes Schnellloth. Bei der Bereitung des Schnellloths bilden die auf S. 17 beschriebenen Erscheinungen ein Kennzeichen für den richtigen Zinngehalt.

Kommt es darauf an, ein noch leichtflüssigeres Loth herzustellen, als es durch die Blei-Zinn-Legirungen zu erreichen ist, so setzt man dem gewöhnlichen Schnellllothe Wismuth zu und bildet dadurch Legirungen, die bei einer wenig über 100 Grad liegenden Temperatur schmelzen; eine Legirung aus gleichen Theilen aller drei Metalle z. B. schmilzt bei 124 Grad. Wegen der Kostspieligkeit des Wismuths und der geringen Festigkeit der betreffenden Legirungen beschränkt sich ihre Anwendung nur auf das Löthen leichtschmelziger Zinnlegirungen.

Die andere Gruppe der Lothe umfasst diejenigen, welche, aus Kupferlegirungen bestehend, erst bei Glühhitze flüssig werden, also bedeutend schwerer verarbeitbar sind, dabei aber grosse Festigkeit besitzen und aus diesen Gründen Hartloth, Strengloth oder Schlageloth (weil die

Löthung Hammerschläge aushält) genannt werden. Je reichlicher der Kupfergehalt ist, desto höher liegt im Allgemeinen der Schmelzpunkt, man erniedrigt umgekehrt denselben durch erhöhten Zusatz von Zink, Zinn, Blei. Gewöhnlich sucht man die Zusammensetzung des Loths der Zusammensetzung der zu löthenden Legirung möglichst ähnlich zu machen unter Berücksichtigung des Umstandes, dass das Loth bei niedrigeren Temperaturen zu schmelzen hat als das Arbeitsstück. Demnach löthet man Kupfer, Messing etc. mit einem zinkreichern Messing; soll die Farbe desselben heller sein, so erreicht man dieses durch einen Zusatz von Zinn (vergl. S. 28); Neusilber wird mit einem zinkreichern Neusilber gelöthet; die Edelmetalle mit Legirungen von Gold oder Silber mit Kupfer, oder mit Kupfer und Zink, wenn der Schmelzpunkt erniedrigt werden soll; u. s. f.

Reines Kupfer wird bisweilen zum Löthen von Eisen gebraucht, wenn es auf grosse Festigkeit ankommt; üblicher ist auch hierfür die Anwendung des erwähnten Messingschlagloths, welches leichter schmilzt und daher leichter verarbeitbar ist. Man unterscheidet gelbes, halbweisses und weisses Messingschlageloth und stellt es durch Zusammenschmelzen von Messingblechschnitzeln mit Zink, beziehentlich Zink und Zinn dar. Gelbes pflegt auf 100 Theile Messingblechschnitzel 15 bis 100 Theile Zinkzusatz zu erhalten, je nachdem es strengflüssiger oder weniger strengflüssig sein soll; halbweisses auf 100 Theile Messingblechschnitzel 35 bis 50 Theile Zink und 5 bis 8 Theile Zinn; weisses auf 100 Theile Messingblechschnitzel 5 bis 10 Theile Zink und 15 bis 25 Theile Zinn. Silberschlageloth, d. h. silberhaltige Legirungen zum Löthen von Silberwaaren, erhält gewöhnlich neben Silber und Kupfer einen Zusatz von Messing, um es leichtschmelziger zu machen; Goldschlageloth pflegt aus Gold, Silber und Kupfer zu bestehen und nur, wenn es sehr leichtschmelzig werden soll, auch einen Zusatz von Zink zu erhalten.

Die als Lothe dienenden Legirungen werden durch Schmelzen im Löffel oder bei Hartlothen im Tiegel hergestellt und dann in eine geeignete Form ausgegossen. Weichlothe giesst man meistens in Stäbchen, Messing- und Argentanschlageloth werden durch Eingiessen in Wasser auf hin und her bewegte Birkenreiser in Körnerform von der Grösse eines Hirsekorns verwandelt, gesiebt, um zu grosse Körner abzusondern, und in dieser Form verwendet; Silber- und Goldschlagelothe, welche sich durch Dehnbarkeit auszeichnen, werden nach dem Ausgiessen zu dünnen Blechen verarbeitet und in Form von Blechschnitzeln angewendet.

Bevor das Löthen vor sich geht, werden die zu verbindenden Oberflächen durch mechanische Mittel (Feilen, Schaben etc.) von allen anhaftenden Unreinigkeiten befreit und alsdann, ohne mit den Fingern berührt zu werden, in die bestimmte gegenseitige Lage zu einander gedrückt. Um sie in derselben zu erhalten, spannt man die beiden Hälften zusammen in einen Schraubstock oder umwickelt sie mit Bindedraht oder dergleichen, sofern ein einfaches Zusammendrücken mit der Hand nicht aus-

reicht. Da die Löthung um so besser gelingt, je grösser die Berührungsflächen sind; so sucht man dieselben, wo sie verhältnissmässig klein sind, durch ähnliche Kunstgriffe zu vergrössern als beim Schweissen erwähnt wurden. Man wird deshalb z. B. die Ränder zweier zu verbindender Blechstreifen nicht stumpf vor einander stossen lassen, sondern ein wenig über einander legen; wo ein solches Uebereinanderliegen nicht zulässig ist, schneidet man an der einen Kante schwalbenschwanzförmige Zacken, an der andern entsprechende Kerben aus, welche in einander greifen; u. s. f.

Sind die zu verlöthenden Gegenstände hohl, so muss Sorge getragen werden, dass an irgend einer geeigneten Stelle des Arbeitsstücks eine kleine Oeffnung bleibe, um der in Folge der Erwärmung sich ausdehnenden Luft einen Ausweg zu verschaffen.

Alsdann folgt die eigentliche Arbeit des Löthens.

Die hierzu angewendeten Geräthe sind verschieden nach der Art des Löthens und Grösse der Arbeitsstücke.

Das üblichste Geräth zum Weichlöthen ist der Löthkolben. Derselbe wird durch ein Stück Kupfer an einem eisernen Stiele gebildet, welches entweder hammerartige Form mit scharfer Kante (ähnlich dem Schrotmeissel, Fig. 360 a. S. 457) besitzt oder wie ein schlanker Kegel geformt ist, in dessen Grundfläche der Stiel befestigt ist. Mit Hilfe der scharfen Kante oder Spitze des erhitzten Löthkolbens (der Löthbahn) wird das leichtschmelzige Loth zum Schmelzen gebracht und auf die Fuge übertragen. Die Löthbahn selbst muss zu diesem Zwecke vorher verzinnt worden sein, indem man sie, nachdem sie gehörig gereinigt worden ist, in geschmolzenes, mit Kolophoniumpulver bestreutes, Zinnloth taucht oder auch, nachdem der Löthkolben erhitzt worden ist, auf einem festen Stück Zinnloth reibt. Mit dem so vorbereiteten Löthkolben verzinnt man zunächst die zu löthenden Flächen (bevor sie an einander gelegt sind) indem man, nachdem sie mit Kolophonium bestreut worden sind, ein Stück Zinnloth mittelst des erhitzten Kolbens auf denselben zum Schmelzen bringt und verreibt. Dann bringt man sie in richtiger Lage an einander, bringt mit dem Löthkolben einen Tropfen der geschmolzenen Legirung (welcher beim Schmelzen an der Löthbahn hängen bleibt) auf die Fuge und streicht ihn dort längs der Fuge auseinander, wobei er alsbald vermöge der Capillarität in dieselbe eindringt und die Verbindung bewirkt.

Die Erhitzung des Löthkolbens geschieht meistens im Holzkohlenfeuer; wo Leuchtgas zu Gebote steht, leitet man dasselbe wohl durch einen Gummischlauch nach dem für diesen Zweck hohlen Stiele und durch diesen gegen den Kolben, um es hinter dem Rücken desselben durch einen mit Hahnverschluss versehenen Brenner zu verbrennen und so den Kolben beständig warm zu erhalten.

Zu Löthungen kleiner Gegenstände sowohl mit Hart- als Weichloth benutzt man das bekannte Löthrohr, Fig. 556, und eine Gas- oder Dochtflamme, in welche vermittelst desselben Luft geblasen wird, so dass

sie eine seitlich gerichtete, sehr heisse Spitze erhält (Fig. 557). Die letztere wird auf die Löthfuge des mit einer Zange gehaltenen oder

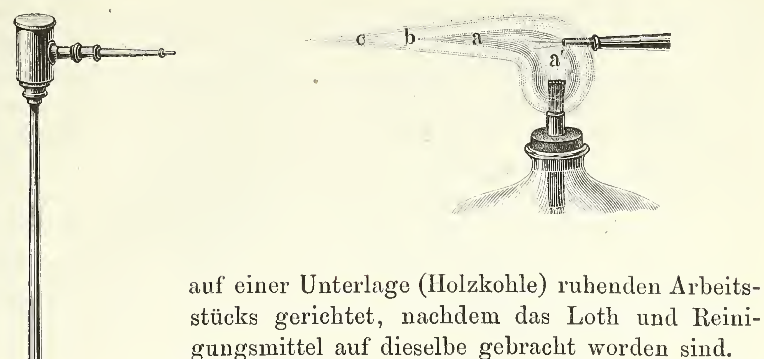


Fig. 556. Fig. 557.

auf einer Unterlage (Holzkohle) ruhenden Arbeitsstücks gerichtet, nachdem das Loth und Reinigungsmittel auf dieselbe gebracht worden sind.

Dem Löthen mit dem Löthrohre ähnlich, aber für grössere Gegenstände geeigneter, ist das Löthen mit Gas. Eine ziemlich rohe Ausführung dieses Verfahrens, welche aber bisweilen ganz zweckmässig sein kann, erreicht man, wenn man einen geschlossenen runden Ofen mit glühenden Koks oder Holzkohlen füllt, von unten her durch eine Form gepressten Wind einführt und das gebildete Gas durch eine im obern Theile befindliche seitliche Düse in Form einer langen, sehr heissen Stichflamme austreten lässt. Bequemer, wenn auch kostspieliger, ist die Anwendung von Leuchtgas. Dasselbe wird aus der Gasleitung durch einen Kautschukschlauch nach dem Orte seiner Verwendung geführt. An dem vordern Ende des Schlauchs befindet sich ein Mundstück, innerhalb desselben ist ein engeres Rohr concentrisch befestigt, welches durch einen zweiten Schlauch mit einem Gebläse verbunden ist und die erforderliche Verbrennungsluft der Flamme in derselben Weise zuführt wie das Löthrohr im Kleinen. Man ist auf diese Weise im Stande, der Flamme jede beliebige Richtung zu geben, ihre Stellung zu verändern u. s. w. Für höhere Temperaturen benutzt man statt des Leuchtgases Wasserstoffgas, welches in einem besondern tragbaren Apparate durch Auflösen von Zink in verdünnter Schwefelsäure dargestellt wird. Von hier strömt das Gas durch einen Kautschukschlauch nach einem Doppelhahne und mischt sich hier mit Gebläseluft, welche von einem kleinen tragbaren Gebläse mit Fusstrittbetrieb aus gleichfalls durch einen Kautschukschlauch zugeführt wird; das Gasgemisch (Knallgas) tritt alsdann gemeinschaftlich durch eine engere Löthspitze aus und verbrennt mit langer heisser Flamme. Durch geeignete Stellung der Hähne regulirt man den Gas- und Luftzufluss derartig, dass eine spitze, bläuliche, nicht leuchtende Flamme entsteht. Die Kautschukschläuche wählt man weit und lang genug, dass dem Arbeiter volle Freiheit der Bewegung gestattet ist.

Die häufigste Anwendung findet das letztere Verfahren bei dem Zusammenschmelzen der Fugen an den grossen Bleiplatten für Schwefelsäurekammern. Nachdem die Verbindungsstellen rein geschabt sind, lässt man die Wasserstoffflamme in langsamer Bewegung darüber hingleiten, so dass das Blei eben zu schmelzen beginnt und in einander fliesst [1]). Ein eigentliches Löthen, d. h. eine Verbindung durch ein leichtschmelzigeres Bindemittel, findet also hierbei nicht statt; das Metall schmilzt selbst, und es ist das Verfahren in gewisser Beziehung demjenigen ähnlich, welches auf Seite 307 besprochen wurde und den Zweck hat, neue Theile an vorhandene Gussstücke anzugiessen.

In ganz ähnlicher Weise wie das leichtschmelzige Blei lässt sich Platin durch eine Gasflamme löthen oder, richtiger gesagt, zusammenschweissen. Bei der hohen Schmelztemperatur des letztern genügt aber nicht eine durch Gebläsewind gespeiste Flamme, sondern es muss Sauerstoffgas an Stelle der atmosphärischen Luft treten.

---

### Literatur über Löthen.

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, 5. Aufl., S. 387 bis 402.

---

## c. Kitten.

Unter dem Ausdrucke „Kitt" versteht man einen plastischen Stoff, welcher in Folge chemischer oder physikalischer Vorgänge mehr oder minder rasch erhärtet, dabei die Eigenschaft besitzt, an bestimmten Körpern zu haften und somit als Bindemittel für zwei solcher Körper benutzbar zu sein, sobald die Trennungsfuge zwischen denselben mit dem Kitte angefüllt wird.

Nur selten besteht der Kitt aus einem einzigen gleichartigen Körper, sondern ist meistens durch eine mechanische Mischung von mindestens zwei Körpern hergestellt; sofern die erforderliche Bildsamkeit nicht die Folge einer Erwärmung des Kitts ist (was im Allgemeinen zu den selteneren Fällen zählt), ist es zur Erreichung derselben nothwendig, dass mindestens einer der Bestandtheile im flüssigen Zustande, ein anderer im festen Zustande gegenwärtig sei, und somit durch die Mischung beider ein teigartiger Zustand des Kitts hervorgerufen werde. Nur in wenigen Fällen beschränkt sich der Vorgang, welcher das Erhärten herbeiführt, auf einen Verdunstungsprocess der als wirkliches Lösungsmittel dienenden flüssigen Bestandtheile des Kitts; oder auf eine Abkühlung des im erhitzten Zustande bildsamen, im kalten Zustande harten

[1]) Deutsche Industriezeitung 1871, S. 182.

Kitts (wie beim Siegellack); meistens sind es wirkliche chemische Einwirkungen der Bestandtheile auf einander, welche das Erhärten herbeiführen.

Die Verbindung der Metalle durch Kitten pflegt weniger dauerhaft als die durch Löthen zu sein; sie beschränkt sich deshalb auf solche Fälle, wo entweder ein nichtmetallischer Bestandtheil des fertigen Gebrauchsgegenstandes mit dem metallischen verbunden werden soll; oder wo grössere Fugen zwischen solchen Körpern wasser- und luftdicht verdichtet werden sollen, die in ihrer Lage gegen einander gesichert und erheblicher Beanspruchung der Festigkeit innerhalb der Kittfuge nicht ausgesetzt sind (z. B. bei Rohrleitungen die Fugen zwischen der Muffe des einen und dem Ende des folgenden Rohrs u. s. f.).

Das eigentliche Arbeitsverfahren beim Kitten ist demnach ein ziemlich einfaches, und der Schwerpunkt des Gelingens liegt in der Bereitung des Kitts.

Beispiele.

Zum Verkitten von gusseisernen Muffenröhren gebraucht man unter dem Namen Eisenkitt oder Rostkitt ein Gemisch von Eisenfeilspänen mit Schwefelblumen, Salmiaklösung und etwas Essig oder stark verdünnter Schwefelsäure zu einem dicken Brei angerührt. Alsbald nach dem Anrühren tritt eine chemische Reaction ein; nach 12 bis 24 Stunden pflegt der Kitt schon ziemlich fest geworden zu sein, nach 3 bis 4 Tagen steinhart. Im Laufe der Zeit nimmt die Härte noch zu, so dass es schwierig ist, einen alt gewordenen Rostkitt wieder aus der Fuge herauszubringen und man deshalb diese an und für sich sehr einfache Verdichtung nur in denjenigen Fällen anwendet, wo nicht zu erwarten steht, dass eine Lösung der Verbindung erforderlich wird. Man pflegt 2 Theile Salmiak, 1 Theil Schwefelblumen, 30 Theile fein gesiebte Eisenfeilspäne anzuwenden. Sollen die Röhren Glühhitze aushalten, z. B. bei Winderhitzungsapparaten, so soll man nach Karmarsch Eisenfeilspäne mit 50 Procent feuerfestem Thone und 25 Procent gestossenen Scherben von hessischen Schmelztiegeln innig mengen und mit gesättigter Kochsalzlösung zu Teig anrühren; Verfasser hatte öfters Gelegenheit, auch für diesen Zweck den oben beschriebenen Eisenkitt, jedoch mit etwas reichlicherm Eisenzusatze (bis 60 Theile Feilspäne auf 2 Theile Salmiak und 1 Theil Schwefelblumen), mit bestem Erfolge anzuwenden, sobald man demselben vor der Erhitzung mindestens 4 bis 5 Tage Zeit liess zu erhärten.

Auch die Oxyde des Bleies finden häufige Anwendung zur Bereitung von Kitten für Metallwaaren. Unter dem Namen Mennigekitt gebraucht man im Maschinenbau vielfach ein Gemenge von Mennige [1]) mit

---

[1]) Bekanntlich jenes rothe, im Handel vorkommende Oxyd des Bleies von der Zusammensetzung $Pb_3 O_4$, welches fabrikmässig durch Erhitzen von gewöhnlichem Bleioxyd im Luftstrome dargestellt wird.

dickem Leinölfirniss zu einer steifen Masse angerieben, um Fugen zwischen Flantschen etc. zu verdichten. Wenn der Kitt getrocknet ist, was allerdings ziemlich lange dauert, hält er sehr fest. Statt der Mennige dient häufig Bleiweiss [1]) oder ein Gemenge von Bleiweiss mit Mennige mit ebenso gutem Erfolge. Als ein vorzüglich haltbarer Kitt, widerstandsfähig gegen Wasser, Säuren, Laugen, Alkohol, Aether, Benzol und dergleichen, und eine Temperatur bis zu 270 Grad C. vertragend wird eine Mischung von geschlämmter trockener Bleiglätte [2]) mit gewöhnlichem käuflichen Glycerin empfohlen. Die Bleiglätte wird zu diesem Zwecke in einer Reibschale gut durchgerieben, dann wird unter beständigem Rühren und Kneten mit einem Spatel das Glycerin so lange zugesetzt, bis der Kitt die gewünschte Consistenz erlangt hat. Die zu verkittenden Flächen müssen vor dem Gebrauche sorgfältig gereinigt und mit etwas verdünntem Glycerin eingerieben sein. Binnen 10 bis 30 Minuten — abhängig von der Menge des zugesetzten Glycerins — erstarrt der Kitt zu einer festen Masse.

Bisweilen setzt man den Bleioxyden noch andere Substanzen zu, deren angebliche Wirkung allerdings schwer erklärlich ist; z. B. 1 Theil Bleiglätte, 1 Theil Schlemmkreide, 3 Theile Graphit mit Leinölfirniss (Diamantkitt).

Zur Verbindung nichtmetallischer Gegenstände, z. B. Glas, mit metallischen ist ein einfaches aber nicht sehr dauerhaftes Mittel Siegellack oder Schellack im erwärmten Zustande. Dauerhafter ist Käsekitt, welchen man durch Vermischen von ganz frischem, weichem Käse mit 20 bis 25 Proc. gebranntem Kalk und Wasser erhält. Derselbe erstarrt sehr schnell und muss deshalb sogleich verbraucht werden.

Harzkitt, durch Zusammenschmelzen von 4 Theilen schwarzem Pech mit 1 Theil Schwefel und Einrühren eines Gemenges von Eisenfeilspänen und Ziegelmehl in die geschmolzene Masse dargestellt und heiss verwendet dient zur Befestigung von Holz auf Eisen.

Auch eine Mischung von 1 Theil schwarzem Pech mit 1 Theil Guttapercha in erwärmtem Zustande wird sehr zur Befestigung von Holz, Leder u. s. w. auf Metall gerühmt.

Eine grössere Anzahl Darstellungsmethoden für Kitte verschiedener Art ist in Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, 5. Auflage, Seite 402 bis 405, enthalten.

## 2. Verbindungen durch Reibung (Zwängverbindungen).

Wenn eine Verbindung zweier Arbeitsstücke durch Reibung bewirkt werden soll, so ist es erforderlich, dass das eine von dem andern einge-

---

[1]) Kohlensaures Blei von nicht constanter Zusammensetzung, gewöhnlich dem zweidrittel kohlensauren Blei, $H_2Pb_3C_2O_8$, in seiner Zusammensetzung nahe stehend.

[2]) Bleioxyd (im reinen Zustande PbO) beim Abtreiben des Silbers gewonnen.

schlossen werde (z. B. ein Rad von dem Radreifen); es müssen aber ferner die Flächen beider Theile so eng auf einander liegen, dass die entstehende Reibung ausreicht, eine Lösung der Verbindung zu hindern. Diese letztere Bedingung lässt sich erfüllen, wenn man entweder das äussere Stück im erwärmten Zustande, also mit vergrössertem Durchmesser über das andere überschiebt und dann erkalten lässt; oder indem man die Verbindung der eng in einander schliessenden Theile unter einem so grossen Drucke ausführt, dass die später auf das Arbeitsstück wirkenden Einflüsse nicht ausreichend sind, die Verbindung zu lösen.

Beide Fälle kommen im Maschinenbau, vorzugsweise aber bei der Anfertigung der Räder für Eisenbahnfahrzeuge, vielfach in Anwendung.

Um den Radreifen auf einem Eisenbahnrade zu befestigen, wird der erstere an der Innenseite, das letztere an dem Umfange auf der Drehbank derartig gedreht, dass der innere Durchmesser des Reifens $^3/_4$ bis $1^1/_2$ mm pro Meter kleiner ist als der äussere des Rades. Nun wird der Reifen erwärmt. Man benutzt dazu einen Flammofen, Gasflammen, oder weniger gut ein Schmiedefeuer, über welchem der Reifen horizontal aufgehängt wird. Die Erhitzung darf nicht über 300 Grad gehen und niemals bis zur beginnenden Rothgluth steigen; man beurtheilt den Grad der Erwärmung nach den entstehenden Anlauffarben. Neuerdings benutzt man mit gutem Erfolge lediglich Wasser in einem cylindrischen Gefässe, welches durch eingeleiteten Dampf auf 100 Grad erwärmt worden ist, und erreicht dadurch eine sehr gleichmässige Temperatur; die Differenz der Durchmesser darf hierbei $^3/_4$ mm per Meter nicht übersteigen, weil sonst die Erwärmung nicht ausreichen würde, den Reifen aufzubringen [1]). Wenn die Erwärmung bewerkstelligt ist, wird der Reifen, mit dem vorspringenden Kranze nach oben, auf die Hüttensohle gelegt und das kalte Rad mit Hilfe des Krahns eingesenkt. Nach erfolgter Erkaltung sind beide Theile fest verbunden; eine nach diesem Aufziehen noch stattfindende Verbindung derselben durch Schraubenbolzen hat lediglich den Zweck, als Sicherheitsvorrichtung zu dienen, falls ein Bruch des Reifens beim Fahren eintritt.

Soll der Reifen später zur Auswechselung wieder abgenommen werden, so ist dieses nur möglich, indem man ihn aufs Neue erwärmt, während das Rad gekühlt wird.

Ein Zusammenpressen zweier zu verbindenden Theile findet bei der Befestigung der Eisenbahnräder auf ihren Achsen statt. Die Nabe des Rades im innern und der Achsschenkel im äussern Durchmesser werden genau gedreht und zwar ganz schlank kegelförmig, so dass der Nabendurchmesser ein wenig kleiner gehalten werden kann als der Achsschenkeldurchmesser, ohne das Ueberschieben unmöglich zu machen. Dann wird mit der hydraulischen Presse unter einem Drucke von 150

---

[1]) Deutsche Industriezeitung 1877, S. 28.

Atmosphären und darüber das Rad auf die Achse gepresst. Häufig unterstützt man noch diese Verbindung durch Nuth und Keil[1]).

### 3. Falzen.

Unter dem Ausdrucke „Falz“ versteht man eine durch Umbiegen und Ineinanderlegen der Ränder hervorgerufene Verbindung, die also lediglich auf einer Formveränderung beruht. Die Ausführung des Falzens gehört demnach zu den oben besprochenen Biegungsarbeiten und wird theils mit den dort beschriebenen Geräthen und Maschinen, theils — für Specialzwecke — mit ganz ähnlichen Vorrichtungen bewirkt. Es bleibt nur noch die Aufgabe übrig, die äussere Beschaffenheit eines Falzes einer Betrachtung zu unterziehen.

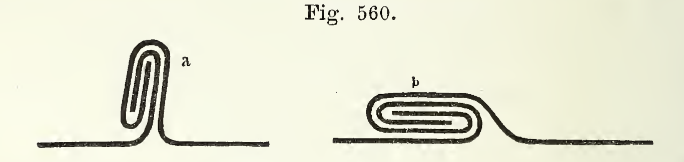
Fig. 558. Fig. 559.



Die einfachste Falzverbindung entsteht, wenn man die zwei zu verbindenden Ränder einfach umbiegt, in einander hakt und dann vollständig dicht zusammendrückt, Fig. 558.

Wenn man beide Ränder in entgegengesetzter Richtung umbiegt und dann durch einen übergeschobenen klammerartigen Streifen verbindet, so entsteht der Falz mit Falzstreifen, Fig. 559.

Fig. 560.




Wenn man endlich die Ränder wie bei dem einfachen Falze, Fig. 558 in einander hakt, dann aber noch einmal gemeinschaftlich umbiegt, so erhält man den doppelten Falz, Fig. 560 *a* und *b*.

Das Falzen ist selbstverständlich um so leichter ausführbar, je dünner die zu verbindenden Metallstreifen sind, eben aus diesem Grunde aber weniger bei Gegenständen anwendbar, die auf grossen Druck in Anspruch genommen sind, als bei leichteren Verbindungen. Zinkbleche beim Decken von Dächern, kleinere Wassergefässe, Rauchröhren für Stubenöfen etc. sind beispielsweise Gegenstände, für welche die Falzverbindungen wegen ihrer billigen Herstellung häufige Anwendung finden.

---

[1]) Petzholdt, Eisenbahnmaterial, S. 149.

## 4. Verbindung durch Niete und Schrauben.

Wenn die im Vorausgegangenen besprochenen Verbindungsarbeiten nicht dauerhaft genug oder aus irgend einem andern Grunde nicht anwendbar sind, so bleibt noch eine Verbindung durch Niete oder Schrauben übrig. Der Begriff der Ausdrücke „Niet“ und „Schraube“ ist zu bekannt, als dass er einer weitern Erläuterung bedürfte. Niete wendet man an, wo eine feste, unlösbare Verbindung hergestellt werden soll; Schrauben, wo entweder eine leicht lösliche Verbindung einzurichten oder auch, wo die Arbeit des Nietens nicht ausführbar ist.

Das Nieten. Wenn man einen zapfenförmigen Ansatz des einen zu verbindenden Theils durch eine entsprechend grosse Oeffnung des zweiten Theils hindurchsteckt und nun das hervorstehende Ende durch Stauchen mit dem Hammer zu einem übergreifenden Kopfe umformt, so entsteht eine Nietverbindung in einfachster Form. Dieselbe wird ohne Erhitzung des Arbeitsstücks bewerkstelligt und eignet sich deshalb nur für kleine Gegenstände.

Häufiger ist die Anwendung eines besondern Niets (Nietbolzens), welches in die durch beide zu vereinigenden Theile hindurchgehende Oeffnung gesteckt und an den vorstehenden Enden mit Kopf versehen wird. Der eine der beiden Köpfe wird zur Erleichterung der Arbeit fast immer schon vorher geformt, so dass beim Nieten nur die Bildung des zweiten Kopfes auszuführen ist. Der erstere Kopf heisst Setzkopf, der zweite Schliesskopf. Die Bildung des Setzkopfes pflegt im Grossen in Nietbolzenfabriken zu geschehen und der bis auf den Schliesskopf fertige Nietbolzen in den Handel zu kommen [1]).

Das Nieten mit Anwendung besonderer Nietbolzen geschieht vorzugsweise bei Verbindung von Eisenblechen und spielt eine wichtige Rolle bei Anfertigung aller Art grösserer Geräthe, Bauconstructionstheile etc. aus Eisenblech, bei welchen das Löthen oder Schweissen nicht anwendbar ist. Die Ausbildung des Schliesskopfs geschieht bei den kleinsten Nieten kalt, bei allen grösseren in der Hitze. Man erleichtert durch die Erhitzung des Nietbolzens nicht allein die Arbeit, sondern erhält auch in Folge des Schwindens beim Erkalten eine dichtere Fuge.

Die Nietlöcher werden mit Hilfe des Durchstosses oder bei dickeren Blechen in Rücksicht auf die beim Durchstossen eintretenden Veränderungen im Materiale (Seite 557), durch welche die Entstehung eines

---

[1]) Man gebraucht zur fabrikmässigen Darstellung von Nietbolzen gewöhnlich Pressen (Prägwerke), welche an dem vorher in erforderlicher Länge abgeschnittenen und erhitzten Stifte den Kopf durch Stauchen ausbilden. Näheres hierüber: Praktischer Maschinenconstructeur 1870, S. 291; Polyt. Centralblatt 1874, S. 1331; Dingler's polyt. Journal, Bd. 208, S. 341; v. Hesse, Die Werkzeugmaschinen S. 54; Wencelides, Hilfsmaschinen und Werkzeuge, S. 82.

völlig cylindrischen Lochs unmöglich wird, zweckmässiger, wenn auch kostspieliger, durch Bohren hergestellt. Um ein genaues Aufeinanderpassen der Löcher zu erzielen, spannt man, wo es angeht, die zu verbindenden Ränder in der bestimmten Lage auf einander und fertigt das durchgehende Loch gleichzeitig für beide Bleche.

Die Erwärmung der Nietbolzen geschieht meistens im Schmiedefeuer. Für den Betrieb im Grossen sind kleine Glühöfen sehr geeignet, an einer oder mehreren Seiten eingefasst durch dünne feuerfeste Platten mit einer grossen Anzahl durchgehender Löcher, in welche die Nietbolzen hineingesteckt werden, so dass nur das zu erhitzende Ende derselben in den Feuerraum hineinragt.

Die Ausbildung des Schliesskopfs an dem in die Oeffnung gesteckten Nietbolzen geschieht entweder von Hand mit dem Hammer oder durch Maschinen.

In dem erstern Falle muss zur Erreichung eines dichten Schlusses gegen den Setzkopf ein Druck ausgeübt werden, damit nicht das Niet durch die Hammerschläge wieder zurückgetrieben werde; und nur selten wird es möglich sein, hierbei den Ambos als Unterlage zu benutzen, weil die Grösse und Form der zu nietenden Gegenstände ein häufiges Wenden und Bewegen nicht gestattet. Man gebraucht also hierzu ein schweres hammer- oder keulenartiges Werkzeug — den Vorhalter —, welches durch einen Arbeiter gegen den Setzkopf gedrückt wird, während ein anderer oder mehrere Arbeiter gleichzeitig den Schliesskopf ausbilden. Da der Vorhalter zur Erfüllung seines Zwecks, die empfangene Stosswirkung zu vernichten, ein beträchtliches Gewicht haben muss, so pflegt man denselben auf irgend eine Weise zu unterstützen: indem man ihn an einer Kette aufhängt; oder hebelartig auf einen Bock lagert; oder dergleichen. Die gegen den halbrunden Nietkopf gerichtete Seite oder Bahn desselben enthält gewöhnlich zum bessern Anschlusse eine halbrunde Vertiefung, welche beim Vorhalten den Kopf einschliesst. Der Schliesskopf wird entweder aus freier Hand kegelförmig oder mit Hilfe eines Setzhammers — Schellhammer genannt —, welcher die Form des Nietkopfes vertieft enthält, ebenfalls halbkugelförmig ausgebildet.

Gewöhnlich ist beim Nieten stärkerer Bleche mit dem Hammer eine „Colonne“ von vier bis sechs Arbeitern thätig; nämlich ein Knabe zum Zutragen der glühenden Niete, ein bis zwei Arbeiter zum Durchstecken und Vorhalten; zwei bis drei Arbeiter zum Schmieden. Vier Arbeiter sind dabei im Stande, stündlich 20 bis 40 Niete von 18 bis 20 mm Stärke einzuziehen, je nachdem das Arbeitsstück mehr oder weniger bequem liegt; und man rechnet als Anzahl der auf einen Nietkopf erforderlichen Hammerschläge 150 bis 250, durchschnittlich also 200.

Für eine gut gelungene Nietverbindung ist es erforderlich, dass nicht allein der Kopf des Niets richtig ausgebildet sei und genau schliesse, sondern auch, dass das Nietloch vollständig von dem Nietbolzen ausgefüllt sei. Da nun der Bolzen beim Hineinstecken doch einigen Spiel-

raum im Loche haben muss, so kann ein solcher dichter Anschluss an die Lochwand nur durch ein kräftiges Zusammenstauchen des Niets im Loche hervorgebracht werden; ist das Loch nicht genau cylindrisch (bei der Herstellung mit dem Durchstosse) oder schliessen gar die beiden Löcher der zu verbindenden Theile nicht ganz genau auf einander, so wächst die Schwierigkeit, den Bolzen so zu stauchen, dass er das Loch dicht ausfüllt. Der Zweck wird um so eher erreicht werden, je kräftiger die auf den Nietbolzen ausgeübte Wirkung ist; mithin wird die Nietung besser durch wenige starke als durch viele schwächere Schläge gelingen; am besten und sichersten durch einen einzigen ruhigen Druck von solcher Intensität, dass er ausreichend ist, die Formveränderung auszuführen [1]). Hierin liegt ein wesentlicher Vorzug der Nietmaschinen und insbesondere derjenigen, welche durch Pressen den Nietkopf ausbilden.

Aus diesem Grunde kommen mit vollem Rechte jene hydraulischen Nietmaschinen in neuerer Zeit mehr und mehr in Aufnahme, welche durch einen einzigen starken hydraulischen Druck den Nietbolzen stauchen und den Kopf herstellen. Als eine der neuesten Constructionen dieser Art möge die von W. Sellers & Comp. in Philadelphia nach einem Patente von R. H. Tweddell gebaute transportabele hydraulische Nietmaschine Erwähnung finden, welche in Fig. 561 und 562 a. f. S. abgebildet ist [2]). Zwei kräftig gebaute gusseiserne Hebel bilden den formgebenden Theil dieser Maschine, und zwar liegt der eine derselben ($H$) fest, dient also gewissermaassen als Vorhalter, während $H'$ beweglich ist und durch Andrücken gegen $H$ den Kopf ausbildet. Zu diesem Zwecke ist das Ende jedes Hebels mit einem auswechselbaren Stahlstempel (Schelleisen) versehen, welcher die Form des zu bildenden Schliesskopfs beziehentlich des schon vorhandenen Setzkopfs enthält. In Fig. 561 ist die Lage zweier zu verbindenden Winkeleisen mit dem durchgesteckten Nietbolzen angedeutet. Die Hebel sind einarmig, d. h. der Drehungspunkt liegt an dem entgegengesetzten Ende, wo beide Hebel durch ein Kugelgelenk mit auswechselbaren Einsatzstücken (um der verschiedenen Dicke der zu nietenden Arbeitsstücke Rechnung zu tragen) zusammengreifen, wobei eine übergeschobene Spiralfeder (vergl. unten Fig. 563) die Enden zusammenhält. Der Abstand des Angriffspunkts der Kraft vom Drehungspunkte ist gleich $^2/_3$ der ganzen Hebellänge; letztere beträgt bei den von der genannten Firma ausgeführten Nietmaschinen 450 bis 900 mm. Durch einen starken Querbolzen $O'$ ist der bewegliche Hebel $H'$ mit zwei Laschen verbunden, welche sich auf dem Kolben $B$

---

[1]) Vergleiche die Ausführungen auf Seite 396. Viele schwache Schläge können theoretisch die nämliche Gesammtleistung hervorbringen als ein einziger kräftiger Druck; aber ihre Wirkung beschränkt sich auf die Oberfläche des Arbeitsstücks, während die Wirkung des stärkern Drucks sich auch auf entlegenere Theile des Arbeitsstücks fortpflanzt.

[2]) Wencelides, Hilfsmaschinen und Werkzeuge für Eisen- und Metallbearbeitung, S. 164; Dingler's Polytechnisches Journal, Bd. 224, S. 34.

des hydraulischen Cylinders *A* befinden und erhält somit von diesem aus seine Bewegung; der festliegende Hebel *H* ist durch zwei starke Ver-

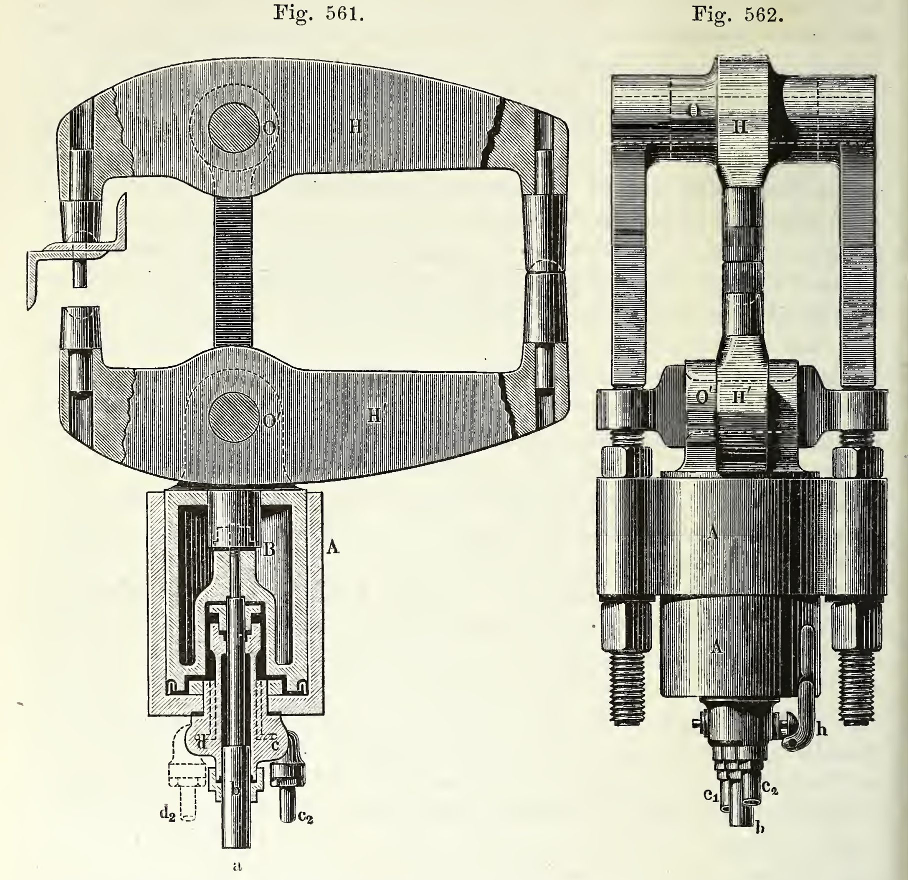


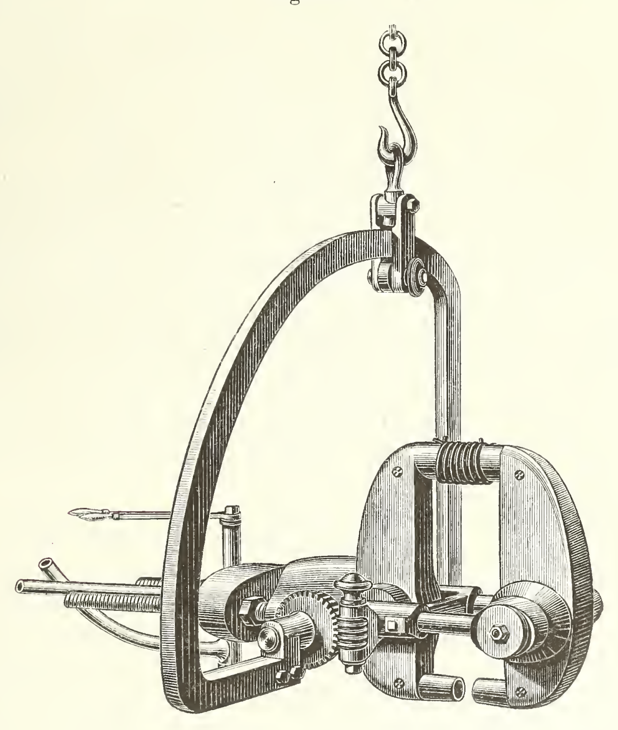

Fig. 561. Fig. 562.

bindungsstangen mit Schraubengewinde und Mutter (vergleiche Fig. 562) an den hydraulischen Cylinder *A* angeschlossen, so dass sich mit Hilfe der Schraubenmuttern sein Abstand von diesem beliebig reguliren lässt. Die Verbindungsstangen dienen zugleich als Führungen für den Hebel *H'*, wie aus Fig. 562 hervorgeht. Der Hub, d. h. das Zusammendrücken der Hebel erfolgt, indem Wasser durch das Rohr $c_2$ in den Cylinder unter den Kolben geleitet wird. Zur Rückwärtsbewegung ist der Kolben, wie sich aus Fig. 561 ergiebt, mit einem kleinen Gegenkolben *b* innerhalb eines concentrischen kleinen Cylinders *a* verbunden. *b* steht fortwährend mit dem im Rohre $c_2$ befindlichen Druckwasser in Verbindung; der Zufluss nach *B* dagegen wird erst durch Oeffnung eines Ventils, welches in der Abbildung nicht zu sehen ist, ermöglicht. So lange also dieses Ventil geschlossen ist, bleibt die Maschine in Folge des auf *b* wirkenden Drucks geöffnet; bei geöffnetem Einlassventile erfolgt Vorwärtsbewegung

vermöge des grössern Kolbenquerschnitts *B*, und das über *b* befindliche Druckwasser wird nach dem Rohre $c_2$ zurückgedrückt. Zum Entweichen des im Cylinder *A* befindlichen Druckwassers bei dem Rückwärtsgange dient das Auslassrohr $d_2$, durch ein Ventil geschlossen, so lange Vorwärtsbewegung und Druck stattfindet.

Das Druckwasser wird von einem Accumulator geliefert, welcher durch eine doppelt wirkende Pumpe gespeist und dessen Druckwirkung durch abnehmbare Gewichtsstücke regulirbar ist. Jedes Gewichtsstück entspricht einem Drucke von 17,5 kg per qcm, und der Totaldruck lässt sich auf 140 kg per qcm steigern. Um nun aber die Nietmaschine benutzen zu können, ohne das Arbeitsstück für jedes einzuziehende Niet in eine andere Lage bringen zu müssen, insbesondere auch, um an verschiedenen Stellen des Arbeitslocals, selbst im Freien, damit arbeiten zu

Fig. 563.



können, ist sie durch einen Bügel an dem Haken eines Krahns (beziehentlich einer Brückenwinde) aufgehängt und erhält ihr Druckwasser vom Accumulator durch einen beweglichen Röhrenstrang. Die Beweglichkeit desselben wird durch Einschaltung von Gelenken (Kugelgelenken und Universalgelenken) hervorgebracht.

Die äussere Anordnung einer solchen transportabeln Nietmaschine zeigt die perspectivische Abbildung Fig. 563. Der Bügel greift mit zwei

festliegenden Zapfen in zwei entsprechende Hülsen der Maschine, so dass diese dadurch um die Zapfen drehbar ist. Auf einem der Zapfen sitzt ein Schneckenrad fest, mit welchem eine am Maschinengestelle gelagerte drehbare Schnecke im Eingriffe steht. Durch diese Einrichtung wird also die Maschine um die Bügelzapfen drehbar und unter jedem beliebigen Neigungswinkel innerhalb der Drehungsebene stellbar. Der Aufhängebügel aber ist bogenförmig gestaltet und giebt dadurch die Möglichkeit, auch den Aufhängepunkt zu verändern und somit eine Drehung der Maschine auch in der Ebene zu bewirken, welche rechtwinklig gegen die ersterwähnte Drehungsebene gerichtet ist. Dadurch lässt sich die Maschine mit Leichtigkeit in jede beliebige, von der Form und Lage des Arbeitsstücks abhängige Stellung bringen.

Ein Arbeiter ist im Stande, mit Hilfe der beschriebenen Maschine per Minute 10 bis 16 Niete einzuziehen, welche von Knaben zugereicht und in die Nietlöcher gesteckt werden; und für je 6 bis 10 Niete per Minute ist ein Knabe erforderlich. Als stündliche Leistung der von 3 Personen bedienten Nietmaschine dürfte man unter Berücksichtigung der Zeitverluste, welche durch die erforderliche Weiterbewegung der Maschine entstehen, 400 bis 500 Niete rechnen können.

Die abgebildete Nietmaschine eignet sich vorwiegend zum Nieten solcher Gegenstände, welche selbst schwer beweglich sind und deren Nietreihen nicht sehr weit vom Rande des Arbeitsstücks entfernt stehen, weil es bei grösserem Abstande unmöglich sein würde, die Nietbolzen zwischen die beiden Stempel der Maschine zu bringen; also für Brückenbauwerkstätten, Schiffswerften und dergleichen. Sind die zu vernietenden Gegenstände dagegen breit — Dampfkesselbleche z. B. —, so ist eine andere Construction der Maschine erforderlich. Die Abmessungen derselben werden grösser, das Gewicht bedeutender, und man zieht deshalb vor, die Maschine feststehend zu construiren und das Arbeitsstück mit Hilfe des Krahns zu bewegen.

Wendet man, wie bei der oben abgebildeten Maschine, hydraulischen Druck und Hebel an, so müssen die letzteren bedeutend länger sein, um dem Arbeitsstücke den erforderlichen Spielraum zwischen ihren Schenkeln zu gewähren; statt des hydraulischen Drucks dient häufig Dampfdruck, auf einen grossen Kolben wirkend, wobei an der Kolbenstange des Dampfcylinders der Nietstempel sich befindet, die Wirkung also derjenigen eines Dampfhammers ähnlich ist; nicht selten findet man auch noch Bewegung des Nietstempels durch ein Excenter oder eine Kurbelscheibe, wobei jedoch der Umstand nachtheilig wirkt, dass die Hublänge stets dieselbe bleibt und demnach die Niete, ob lang oder kurz, stets auf dieselbe Länge zusammengepresst werden müssen. Ist also der Nietbolzen zu kurz, so wird das Nietloch nicht vollständig ausgefüllt, ist er zu lang, so werden die Theile, welche genietet werden sollen, unverhältnissmässig gedrückt. Hinsichtlich der speciellen Construction solcher stationären Nietmaschinen muss auf die unten gegebene Literatur verwiesen werden.

Wenn man sehr dichte Fugen herstellen will, z. B. bei dem Vernieten von Dampfkesseln, so pflegt man die eigentliche Nietarbeit, d. h. die Ausbildung des Nietkopfs, durch einige andere Arbeiten zu ergänzen. Damit die Metallflächen in diesem Falle genau auf einander schliessen, treibt man vor dem Vernieten durch Schläge mit dem Nietenzieher — einem an der Endfläche ringförmig ausgehöhlten Stempel — auf das oben liegende Theil das Metall rings um den schon eingesteckten Nietbolzen zusammen, so dass der Bolzen stärker hervortritt und der Kopf enger an das Blech sich anlegt. Nach dem Nieten aber treibt man mit Hilfe eines stumpfen Meissels und des Hammers die Fuge so eng zusammen, dass ein völliger Verschluss derselben erreicht wird, und nennt diese letztere Arbeit Verstemmen.

---

## Literatur über Nieten und Nietmaschinen.

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, 5. Auflage, Seite 382 bis 386.

Hoyer, Mechanische Technologie, Seite 422 bis 428.

Wencelides, Hilfsmaschinen und Werkzeuge für Eisen- und Metallbearbeitung, Seite 160 bis 177.

Praktischer Maschinenconstructeur, 1871, S. 26; 1872, S. 334; 1874, S. 95; 1875, S. 137 (Nietmaschinen).

Dingler's Polytechnisches Journal, Bd. 103, S. 9; Bd. 105, S. 4; Bd. 213, S. 114; Bd. 216, S. 400; Bd. 220, S. 404 (Nietmaschinen).

---

## Vierter Abschnitt.

# Die Arbeiten zur Verschönerung und Erhaltung.

Die meisten Gegenstände zeigen, unmittelbar nachdem sie ihre Formgebung empfangen haben, ein äusseres Ansehen in Bezug auf Farbe, Glanz u. s. w., welches nichts weniger als angenehm auf das Auge wirkt. Häufig sind die Spuren aller Bearbeitungsstadien, welche sie durchlaufen haben, erkennbar; bei gegossenen Gegenständen zeigt sich an einzelnen Stellen die Gusshaut, bei geschmiedeten oder gewalzten der sogenannte Glühspan; daneben erblickt man an anderen Stellen die Spuren, welche der bearbeitende Stahl hinterlassen hat, oder wenn die letzte Bearbeitung bei Erhitzung vorgenommen war, Anlauffarben verschiedener Art. Der im Uebrigen fertige Gegenstand bedarf also einer letzten verschönernden Arbeit — bisweilen auch mehrerer dergleichen — um an äusserm Ansehen zu gewinnen und verkäuflich zu werden.

Häufig verbindet man mit dieser letzten Arbeit den andern Zweck, dem fertigen Arbeitsstücke durch einen fremden Ueberzug einen Schutz gegen chemische äussere Einflüsse zu geben. Manche Metalle, mit reiner Oberfläche den Atmosphärilien ausgesetzt, überziehen sich rasch mit einer Kruste aus den Producten einer chemischen Einwirkung des Sauerstoffs, der Feuchtigkeit, der Kohlensäure, welche nur in Ausnahmefällen, z. B. bei der Bronze, dem Auge angenehm erscheint, bisweilen aber sogar durch allmälige Fortpflanzung der umwandelnden Einwirkungen nach innen eine Zerstörung des Gebrauchsstücks zur Folge haben kann. In dieser Beziehung zeichnet sich vorzugsweise das Eisen unvortheilhaft aus, und es ist diese Eigenschaft desselben um so unangenehmer, da das Eisen bekanntlich dasjenige Metall ist, welches in den überwiegend meisten Fällen das Material für Gebrauchsgegenstände bildet.

In anderen Fällen ist es die Benutzung des Gegenstandes, welche Gelegenheit zu zerstörenden chemischen Einwirkungen giebt, die durch einen Ueberzug fern gehalten werden müssen. Kupferne, messingene

oder neusilberne Kochgeschirre, mit sauren Speisen in Berührung gebracht, würden giftige, in den Speisen lösliche Kupfersalze bilden; eiserne Geschirre werden ebenso wohl von sauren als alkalischen Flüssigkeiten angegriffen, geben denselben einen unangenehmen Geschmack und eine schwärzliche Färbung; u. s. f.

Die in diesen Abschnitt fallenden Arbeiten sind demnach mannigfacher Art und lassen sich in folgender Weise eintheilen.

1. Eine Entfernung desjenigen Ueberzugs oder derjenigen Theilchen der Oberfläche, welche das vollendete Aussehen derselben beeinträchtigen. Diese Entfernung kann auf mechanischem oder chemischem Wege geschehen. In beiden Fällen tritt eine wirkliche Trennung kleiner Theilchen der Oberfläche ein, wenn auch in so unbedeutendem Maasse, dass eine mit gewöhnlichen Messwerkzeugen messbare Formveränderung nicht mehr stattfindet.

Die Vollendung durch Wegnahme von Spänchen auf mechanischem Wege wurde schon bei den Trennungsarbeiten besprochen (Schaben, Schleifen, Poliren), so dass hier einfach auf jene Erörterungen Bezug genommen werden kann; die Entfernung von Theilchen der Oberfläche auf chemischem Wege nennt man Beizen und, sofern durch das Beizen bei Legirungen eine bestimmte Farbe hervortreten soll, Färben [1]).

2. Ein Hervorrufen von Glanz durch Niederdrücken hervorstehender Theilchen — Poliren (unterschieden von dem oben beschriebenen Poliren, welches auf einem Lostrennen der vorstehenden Theilchen beruht).

3. Ein Ueberziehen der Oberfläche des Metalls mit einem andern Metalle oder sonstigen fremden Körper auf mechanischem oder chemischem Wege.

## 1. Beizen und Färben.

Diese Bearbeitung besteht in allen Fällen darin, dass der verunschönende Ueberzug des Arbeitsstücks, welcher aus einer dünnen Oxydhaut zu bestehen pflegt, aufgelöst und entfernt wird. Lässt man die chemischen Agentien nur auf bestimmte Stellen des Arbeitsstücks wirken, während die übrigen durch einen Ueberzug geschützt sind, so entstehen auf der Stelle der Einwirkung vertiefte, bestimmte Zeichnungen, und man nennt das Verfahren in diesem Falle Aetzen.

Zur Auflösung dienen Säuren, seltener Salzlösungen, in welche das Arbeitsstück gehängt wird. Häufig unterstützt man die chemische Einwirkung durch mehrmals wiederholtes Scheuern oder Bürsten, nachdem

---

[1]) Das Färben der Legirungen beruht auf dem Umstande, dass die angewendeten Beizmittel auf einzelne Bestandtheile der Legirung stärker auflösend wirken als auf andere, somit die Farbe dieser letztern nach dem Beizen stärker hervortritt.

das Metall aus der Beizflüssigkeit genommen ist; bei härteren Metallen gebraucht man hierzu Bürsten aus feinem Stahl oder Messingdraht, bei weicheren gewöhnliche Bürsten. Um nach beendigtem Verfahren die Beizflüssigkeit aus den Poren des Metalls zu entfernen, ist ein sorgfältiges Abspülen in Wasser und rasches Abtrocknen erforderlich; bisweilen, bei leicht oxydirbaren Metallen, z. B. Eisen, ist es sogar zweckmässig, das Arbeitsstück zur Neutralisation der in den Poren zurückgebliebenen Säure nach dem Abspülen mit Wasser in eine schwach alkalische Lösung einzutauchen (am geeignetsten hierfür ist Kalkmilch) und dann nochmals mit Wasser abzuspülen. Das spätere Trocknen wird erleichtert, wenn man heisses Wasser für das Abspülen anwendet. Die Trocknung wird am geeignetsten bewirkt, indem man das Arbeitsstück unmittelbar nachdem es aus dem Wasser kommt, zunächst in einen entsprechend grossen Kasten wirft, welcher mit Sägespänen gefüllt ist, und es sofort damit bedeckt. Die Sägespäne ziehen rasch den grössten Theil der Feuchtigkeit an sich und werden dann leicht durch einen Pinsel von dem betreffenden Gegenstande, nachdem er aus dem Kasten herausgenommen ist, entfernt. Den Beschluss macht nunmehr gewöhnlich eine rasche Trocknung in einem auf etwa $100^0$ erwärmten Raume, um den letzten Rest von Feuchtigkeit aus allen Poren zu entfernen. Für kleinere Arbeiten genügt ein Blechschränkchen nach Art der Trockenschränke in chemischen Laboratorien, durch eine Gas- oder Spiritusflamme von aussen erwärmt und mit eingelegten eisernen oder kupfernen Horden zur Aufnahme der betreffenden Gegenstände versehen; grosse Gegenstände trocknet man in gemauerten Trockenkammern mit indirecter Feuerung, welche in ganz ähnlicher Weise als die auf Seite 184 abgebildeten Trockenkammern für das Trocknen von Gussformen construirt sein können.

Wenn das Beizen nur ein Vorbereitungsprocess für Herstellung eines fremden Ueberzuges auf galvanischem Wege ist, das Arbeitsstück also aufs Neue in eine Flüssigkeit eingebracht werden soll, so lässt man den Trocknungsprocess nach dem Beizen wegfallen, bringt den gebeizten Gegenstand, unmittelbar nachdem er mit Wasser, beziehentlich Kalkmilch abgespült worden ist, in das zur Herstellung des Ueberzuges dienende Bad und führt die Trocknung in der soeben beschriebenen Weise erst aus, wenn alle Arbeiten auf nassem Wege beendigt sind.

Sind die Arbeitsstücke in Folge der vorausgegangenen Bearbeitung mit Fett beschmutzt, so wird dieses durch Beizen mit Säuren nicht entfernt, hinterlässt aber nicht allein auf vielen Metallflächen einen deutlich sichtbaren Flecken, sondern macht auch das Ueberziehen mit anderen Metallen unmöglich. Eine Entfernung solcher Fettflecke vor dem Beizen ist also unerlässlich, wenn eine vollkommene Arbeit erreicht werden soll. Am sichersten erfolgt die Reinigung von Fett durch Glühen des betreffenden Gegenstandes, meistens mit Holzkohlenpulver in einem verschlossenen Gefässe (Topfe, Muffel); nicht immer gestattet aber die

Grösse und Eigenthümlichkeit des Arbeitsstücks die Anwendung dieses Verfahrens. Weniger sicher führt in letzterm Falle eine Behandlung mit heisser verdünnter Kalilauge zum Ziele; und man wird daher bei allen solchen Gegenständen, welche dem Glühprocesse nicht unterworfen werden können, wohlthun, die Anwendung von Fett bei allen vorausgehenden Arbeiten (Bohren, Drehen, Schmirgeln etc.) zu unterlassen und statt desselben Seifenwasser oder dergleichen anzuwenden.

## Das Beizen des Eisens.

Man bedient sich dazu verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure [1]).

Die meisten Eisensachen, welche dem Beizen ausgesetzt werden, pflegen an einzelnen Stellen schon durch Wegnahme von Spänchen bearbeitet und dadurch ihres Oxydhäutchens entkleidet zu sein, während dasselbe an anderen Stellen durch das Beizen entfernt werden soll; regelmässig ist dieses der Fall bei Gusswaaren, wo die Eingüsse, Gussnäthe u. s. w. vorher mit Meissel und Feile abgenommen worden waren; häufig sind ganze Flächen bereits mit der Feile, auf dem Schleifsteine, mit Werkzeugmaschinen bearbeitet, also das metallische Eisen dort blossgelegt. Hierdurch entsteht der Uebelstand, dass die Säure das ohnehin schon blanke Eisen weit schärfer angreift als das Oxydhäutchen; um so nothwendiger ist es also bei dem Beizen solcher Eisenwaaren, die Einwirkung der Säure durch fleissige und energische Handhabung stählerner Kratzbürsten an den mit Oxyd überzogenen Stellen zu unterstützen, wenn man nicht die zuvor bearbeiteten Stellen der Gefahr aussetzen will, von der Säure zerfressen zu werden, bevor die übrigen gehörig gereinigt sind. Ausserdem wendet man in diesen Fällen eine ganz verdünnte Säure an — auf 1 Theil Säure zweckmässig nicht weniger als 40 bis 60 Theile Wasser. Wenn die ganze Oberfläche metallisch rein erscheint, nachdem man zuletzt gekratzt hat, spült man, wie oben beschrieben wurde, das Arbeitsstück zunächst mit Wasser ab, bringt es in ein Bad aus Kalkmilch, dann noch einmal in Wasser und trocknet es schliesslich in der beschriebenen Weise.

Das Beizen des Eisens kann den Zweck haben, demselben eine vollständig gleichartige, metallisch reine Oberfläche mit der eigenthümlichen lichtgrauen Farbe des Eisens und dadurch ein besseres Ansehen zu geben. Besonders für künstlerische Gegenstände, Nachahmungen antiker Muster und dergleichen ist diese reine Eisenfarbe sehr geeignet, wie z. B. die weitberühmten Ilsenburger Kunstgussgegenstände aus Gusseisen, welche zum Theile in gebeizter Form in den Handel kommen, beweisen.

---

[1]) Schwefelsäure besitzt in allen Fällen, wo sie ebenso gut als Salzsäure zum Beizen von Metallen benutzbar ist, vor dieser den Vorzug, dass sie nicht, wie diese, saure Dämpfe entlässt, welche belästigend auf die Athmungsorgane wirken.

Eine solche Anwendung des Beizens kann jedoch nur dann gerechtfertigt erscheinen, wenn die Gegenstände in vollständig trocknen Räumen aufbewahrt werden, da die gebeizten Gegenstände dem Rosten weit stärker ausgesetzt sind als ungebeizte oder mit anderen Ueberzügen versehene Gegenstände.

Häufiger dient das Beizen des Eisens als Vorbereitungsarbeit für einen weitern Verschönerungsprocess, insbesondere in allen den Fällen, wo das Eisen mit einem fremden Metalle überzogen werden soll, wobei eine reinmetallische Oberfläche erforderlich ist.

Eine eigenthümliche Anwendung findet das Beizen des Eisens als Mittel, die Textur gewisser Eisensorten, besonders schmiedbaren Eisens, schärfer zu erkennen, als es im ungebeizten Zustande möglich ist. Diese Anwendung beruht auf der Thatsache, dass reines kohlenstofffreies Eisen von Säuren leicht gelöst wird, kohlenstoffhaltiges Eisen weniger leicht, Graphit gar nicht. Setzt man also eine geschliffene Fläche des Eisenstücks der Einwirkung von Säuren aus, so bilden sich allmälig mehr oder weniger tiefe Stellen aus, am tiefsten da, wo das an gebundener Kohle ärmste Eisen vorhanden war, weniger tief, wo ein kohlenstoffreicheres Eisen (Feinkorneisen, Stahl) zu Tage lag, während Graphit obenauf liegen bleibt. Man benutzt hierzu eine starke Säure, gewöhnlich ein Gemisch von Schwefelsäure mit Salpetersäure oder auch 3 Thle. concentrirte Salzsäure mit 1 Thl. Salpetersäure. Von Zeit zu Zeit entfernt man von der Oberfläche den angesetzten Schlamm, und nach etwa 3 Stunden ist das Beizen soweit vorgeschritten, dass man das Eisenstück in Kalkmilch oder schwacher Kalilauge, dann in heissem Wasser abspülen und trocknen kann. Will man die Proben aufheben, so muss man sie mit dünnem Copallack überziehen. Praktische Verwerthung findet dieses Verfahren z. B., wenn mehrere Eisensorten zu einem Stücke verarbeitet sind, und es sich darum handelt, die Vertheilung derselben in diesem Stücke genau zu erkennen; oder zur Auffindung von Fehlstellen, insbesondere zur Prüfung verdächtiger Schweissstellen, welche im ungebeizten Zustande der Beobachtung entgehen, beim Beizen aber durch das Eindringen der Säure erweitert und dadurch leicht erkennbar werden.

Drähte aus Eisen und Stahl beizt man, wie früher erwähnt, nach dem Glühen und entfernt den Glühspan vollends durch Poltern.

### Beizen und Färben der Kupferlegirungen (Messing, Bronze).

Kupfer beizt man, um es von Glühspan zu reinigen, in verdünnter Schwefelsäure (1 Thl. Säure auf 5 Thle. Wasser).

Bei dem Beizen von Messing, Tomback, Bronze mit Schwefelsäure zur Entfernung des Oxydhäutchens pflegen die betreffenden Gegenstände mit einer matten, wenig schönen Farbe aus dem Bade herauszukommen.

Soll also ein feurigerer, lebhafterer Farbenton hervorgerufen werden, so muss auf dieses Beizen ein zweiter färbender Process folgen, welchen man das Gelbbrennen des Messings etc. zu nennen pflegt.

Um anhängendes Fett zu entfernen, glüht man gewöhnlich den Gegenstand schwach vor dem Beizen, wobei er sich vollständig mit einer Oxydkruste überzieht und bringt ihn dann zur Entfernung dieser Oxydkruste zunächst in eine sogenannte Vorbeize, aus verdünnter Schwefelsäure (1 Thl. Säure auf 8 bis 10 Thle. Wasser) oder auch aus kochender Weinsteinsäure bestehend. Dieses Beizen mit der Vorbeize währt, je nachdem die Kruste dick ist, $^1/_2$ bis 1 Stunde oder auch noch länger und kann unter Umständen durch Anwendung der Kratzbürsten unterstützt werden. Aus dieser Vorbeize kommt, wie erwähnt, der Gegenstand mit mattgelber Farbe heraus und gelangt nun, nachdem er mit Wasser abgespült ist, in die Schnellbeize, welche aus concentrirter Salpetersäure oder besser aus einem Gemische von 1 Thl. concentrirter Schwefelsäure mit 2 Thln. gewöhnlicher Salpetersäure bestehen kann [1]). Bisweilen setzt man Glanzruss, Holzmehl oder ähnliche organische Körper zu, wodurch die Entstehung salpetriger Säure befördert wird und eine besonders lebhafte Farbe entstehen soll. In diese Schnellbeize wird der Gegenstand nur einen Augenblick eingetaucht, dann sorgfältig mit reinem Wasser abgespült und in Sägespänen getrocknet.

Manche Gegenstände sollen statt der gewöhnlichen glänzenden Oberfläche eine matte, zarte Färbung erhalten. Zur Erzeugung derselben dient eine besondere Beize, Mattbeize genannt, und das Verfahren heisst Mattbrennen oder Mattiren. Dasselbe beruht auf einer ungleichmässigen Einwirkung der Beize auf die Oberfläche des Arbeitsstücks, wodurch einzelne Bestandtheile der Legirung stärker als andere angegriffen werden und die Oberfläche ihre vollständige Glätte verliert. Man erreicht diesen Zweck durch Anwendung einer Lösung von salpetersaurem Zink in ganz concentrirter Salpetersäure. Zur Darstellung derselben kann man 1 Gwthl. Zink in 3 Gwthln. concentrirter Salpetersäure lösen, und diese Lösung zu einer Mischung von 8 Gwthln. Salpetersäure mit 8 Gwthln. Schwefelsäure giessen. Die Mattbeize wird kochend angewendet; das Arbeitsstück wird, nachdem es zuvor in der Vor- und Schnellbeize behandelt worden ist, so lange in die Mattbeize eingehängt, bis die sofortige stürmische Entwickelung rother Dämpfe (Untersalpetersäure) nachlässt, was nach circa 30 Secunden der Fall zu sein pflegt. Sie kommen mit hellbrauner, glanzloser Farbe heraus, werden alsdann, um die schöne gelbe Farbe zu erhalten, noch einmal mit der Schnellbeize behandelt, dann abgespült und getrocknet. War die Einwirkung der Mattbeize allzu energisch, so kann es geschehen, dass die ganze Oberfläche wie zer-

---

[1]) Der Zusatz von concentrirter Schwefelsäure, welche bekanntlich mit Begierde Wasser aufnimmt, hat vornehmlich den Zweck, in Folge dieser Eigenschaft die Salpetersäure in concentrirterer Form zur Wirkung kommen zu lassen.

fressen erscheint; man regelt die Einwirkung durch geringern oder grössern Zinkgehalt.

## Das Beizen und Färben der Silberlegirungen.

Die Legirungen des Silbers mit Kupfer pflegen, wenn sie den formgebenden Process durchlaufen haben, einestheils mit einer dunkeln Haut von Kupferoxyd überzogen zu sein, anderntheils, auch wenn diese Haut durch mechanische Mittel entfernt worden ist, eine röthliche Färbung zu besitzen, die von der weissen Farbe des reinen Silbers in unschöner Weise absticht. Man unterwirft sie also einem ähnlichen Processe als das Gelbbrennen des Messings, wobei an der Oberfläche vorzugsweise Kupfer aufgelöst und dadurch die röthliche Farbe in eine weisse übergeführt wird.

Man nennt dieses Verfahren Weisssieden des Silbers und die angewendete Beize den Sud.

Zunächst glüht man das Silberstück kurze Zeit bei dunkler Rothgluth unter Luftzutritt zur Entfernung von Fett und behandelt es dann mit verdünnter Schwefelsäure (1 Thl. Schwefelsäure auf 12 Thle. Wasser) oder mit einer Lösung von Weinstein in Wasser; oder am besten zuerst mit Schwefelsäure und dann mit Weinsteinlösung. Beide Flüssigkeiten sind am wirksamsten in der Siedhitze. Auch eine Lösung von doppeltschwefelsaurem Kalium kann, und zwar kalt, zum Beizen benutzt werden. Die Einwirkung der Beize unterstützt man, wo es sich erforderlich macht, durch öfter wiederholtes Kratzen und Bürsten mit feinem Sande oder Weinsteinpulver.

Soll die Oberfläche matt werden, so glüht man den Gegenstand nach dem ersten Sieden, nachdem man ihn in einen Brei aus Pottasche und Wasser eingepackt hat, löscht in Wasser ab und siedet zum zweiten Male wie gewöhnlich.

## Das Beizen und Färben der Goldlegirungen.

Goldarbeiten, welche in Folge ihres Kupfergehalts während der mechanischen Formgebung sich mit einer schwärzlichen Haut zu bedecken pflegen, werden geglüht und in stark verdünnter kochender Salpetersäure oder Schwefelsäure gebeizt (gesotten). Erstere Säure löst ausser den an der Oberfläche vorhandenen Oxyden auch metallisches Kupfer und Silber, letztere nur Kupfer auf.

Eine kräftiger färbende Lösung erhält man nach Karmarsch, indem man 115 g vollkommen trocknes Kochsalz mit 230 g Salpeter zusammenreibt und das Gemisch mit 172 g rauchender Salzsäure kocht. Es entwickelt sich Chlor und beim Eintauchen der Legirung bilden sich Chloride des Silbers, Kupfers und Goldes. Von letzterm wird ein Theil

als metallisch reines Gold auf der Oberfläche des Arbeitsstücks wieder niedergeschlagen, während ein anderer Theil allerdings gelöst bleibt, und erst durch spätere Verarbeitung der Lösung wieder gewonnen werden kann.

## Das Aetzen.

Man versieht die Oberfläche, welche durch Einwirkung chemischer Mittel mit bestimmten figürlichen oder ornamentalen Linien, Inschriften oder dergleichen gezeichnet werden soll, mit einem schützenden Ueberzuge, gewöhnlich aus einer harzigen oder ähnlichen Substanz bestehend, den man Aetzgrund nennt. In diesen Aetzgrund schabt man die zu bildenden Figuren ein, so dass das Metall dort frei gelegt wird und lässt nun auf die freiliegende Metallfläche eine Flüssigkeit (das Aetzwasser) einwirken, welche nur das Metall, nicht aber den Aetzgrund angreift. Wenn dasselbe hinlängliche Zeit „gefressen" hat, spült man das Arbeitsstück ab, entfernt den Aetzgrund, und es erscheinen nun die geätzten Stellen vertieft, die vom Aetzgrunde bedeckt gewesenen erhaben.

Dieses Verfahren nennt man Tiefätzen. Man kann aber auch umgekehrt die Linien, welche die eigentliche Zeichnung bilden sollen, mit dem Aetzgrunde bedeckt halten oder einfacher von vornherein mit demselben allein bedecken, und es erscheint alsdann die Zeichnung erhaben auf vertieftem Grunde. Das Verfahren in dieser Weise heisst Hochätzen.

Als Aetzgrund benutzt man häufig ein geschmolzenes Gemisch aus 2 Thln. weissem Wachs, 2 Thln. Mastix, 1 Thl. Asphalt, oder ähnliche Mischungen. Zum Gebrauche schlägt man ein Stück der Masse in feine Leinewand und dann noch in trockenen Taffet ein, erwärmt die Metallfläche und führt nun die eingeschlagene Masse mit gelindem Drucke auf derselben umher, wobei die letztere durch die Poren der Leinewand und des Taffets in Folge der Wärme des Metalls hindurchschwitzt und die Metallfläche mit einer dünnen Schicht überzieht. Zum Auftragen von Linien beim Hochätzen löst man den Aetzgrund in einer geeigneten Flüssigkeit, z. B. Terpentinöl.

Als Aetzwasser dient für Kupfer, Silber, Messing verdünnte Salpetersäure; oder für feinere Zeichnungen in Kupfer eine Mischung von 3 Maasstheilen gesättigter saurer Kupfernitratlösung mit einem Maasstheile einer gesättigten Salmiaklösung in Essig; oder gleichfalls für Kupfer 10 Gewichtstheile rauchende Salzsäure vermischt mit 70 Thln. Wasser und einer kochenden Lösung von 2 Thln. chlorsaurem Kalium in 20 Thln. Wasser.

Für Eisen und Stahl benutzt man: 420 Gwthle. Wasser, 15 Gwthle. Quecksilberchlorid, 1 Gwthl. Weinsteinsäure, 16 bis 20 Tropfen Salpetersäure; oder 8 Gwthle. Salpetersäure vom specif. Gewichte 1,22, 1 Gwthl. Silbernitrat, 120 Gwthle. Weingeist von $80^0$.

Für Aetzen des Goldes benutzt man verdünntes Königswasser.

Um auf blankpolirten Stahl- oder Eisenarbeiten erhabene Verzierungen auf mattem Grunde anzubringen, z. B. auf Klingen und dergleichen, zeichnet man diese Verzierungen mit einer Lösung des Aetzgrundes auf der Metallfläche auf und setzt letztere der Einwirkung von Salzsäuredämpfen aus, welche man durch Uebergiessen von Kochsalz mit concentrirter Schwefelsäure entwickelt.

Die Entfernung des Aetzgrundes geschieht durch ein geeignetes Lösungsmittel, gewöhnlich Terpentinöl.

## 2. Poliren.

Man benutzt als Werkzeug für das Poliren ein Stäbchen aus hartem Materiale mit glatter, glänzender Arbeitsfläche, welches, indem es unter Druck über die Oberfläche des Arbeitsstücks hinweg geführt wird, die vorstehenden Theilchen desselben niederdrückt und dadurch ein Glätten herbeiführt, welches der Oberfläche Glanz giebt und deshalb ebenfalls Poliren genannt wird. Glasharter Stahl, Chalcedon, Achat, Blutstein (Glaskopf) sind die üblichsten Materialien zur Herstellung von Polirwerkzeugen und man nennt diese letzteren deshalb entweder Polirstähle oder Polirsteine. Die arbeitende Fläche derselben wird natürlich geschliffen und aufs Feinste in der früher beschriebenen Weise polirt; das entgegengesetzte Ende des Stäbchens steckt in einem hölzernen Hefte von geringerer oder grösserer Länge.

Man gebraucht diese Werkzeuge fast nur zum Poliren kleinerer Gegenstände mit unregelmässigen Begrenzungsflächen, bei welchen das früher beschriebene Verfahren des Polirens aus irgend einem Grunde nicht geeignet erscheint; bisweilen allerdings auch für grössere Flächen in solchen Fällen, wenn durch den ausgeübten starken Druck eine grössere Dichtigkeit der Metalloberfläche hervorgebracht werden soll (z. B. bei den Platten der Kupferstecher).

## 3. Das Ueberziehen der Metalle.

Der Ueberzug kann aus einem Metalle oder aus einem zusammengesetzten Körper beziehentlich einem Gemische mehrerer der letzteren bestehen.

Beim Ueberziehen mit einem andern Metalle kann der Zweck vorliegen, lediglich eine Verschönerung hervorzubringen, indem man ein Metall von weniger schönerm Aeussern, z. B. Zink, mit einem schönern Metalle, z. B. Kupfer, Silber, Gold und dergleichen, oder auch einer Metalllegirung, z. B. Bronze, Messing, überzieht; dieses ist der häufigere Fall; oder man kann dabei den andern Zweck verfolgen, ein leichter oxydirbares Metall, z. B. Eisen, durch den Ueberzug mit einem schwerer

oxydirbaren widerstandsfähiger gegen äussere chemische Einflüsse zu machen.

Bei dem Ueberzuge eines Metalls mit zusammengesetzten Körpern ist der Zweck, dem Metalle einen Schutz gegen Oxydation zu geben, fast immer der Hauptbeweggrund; und man sucht dann selbstverständlich die Erreichung dieses Zweckes stets in einer solchen Weise zu bewerkstelligen, dass der Ueberzug das Aeussere des Gebrauchsgegenstands in möglichst gefälliger Weise erscheinen lässt.

## A. Ueberziehen mit anderen Metallen.

Dasselbe kann in dreierlei Weise geschehen. Die erste Methode besteht darin, dass man das zu überziehende Metall mit metallisch reiner Oberfläche in ein Bad des geschmolzenen als Ueberzug bestimmten Metalls eintaucht, wobei eine dünne Schicht des letztern an der Oberfläche des erstern haften bleibt. Man kann diese Methode das Ueberziehen auf directem oder mechanischem Wege nennen. Die zweite Methode besteht darin, dass man das zu überziehende Metall mit reiner Oberfläche in eine geeignete Lösung eines Salzes des als Ueberzug bestimmten Metalls einhängt und entweder durch Erregung eines galvanischen Stroms oder durch einfache chemische Umsetzung aus der Lösung Metall auf der Oberfläche des erstern niederschlägt. Man nennt diese Methode Ueberziehen „auf nassem Wege“, und wenn ein besonderer galvanischer Apparat angewendet wird, „auf galvanischem Wege“.

Eine dritte Methode, welche nur für das Ueberziehen mit Gold oder Silber Anwendung findet, beruht auf der Eigenschaft der genannten Metalle, sich mit Quecksilber zu einem an der Oberfläche des Arbeitsstücks haftenden Amalgame zu verbinden, welches bei Erhitzung unter Zurücklassung des Edelmetalls und Verflüchtigung des Quecksilbers zerlegt wird. Man pflegt diese Methode „Feuervergoldung“ oder „Feuerversilberung“ zu benennen; allgemein kann man sie als Amalgamationsmethode bezeichnen.

Die directe Methode ist nur dann anwendbar, wenn das als Ueberzug dienende Metall leichtschmelzbarer ist als das andere, so dass ein theilweises Schmelzen des letztern nicht zu befürchten ist; sie erfordert zum Erhitzen und Schmelzen oft umfangreiche Apparate und ist nicht immer leicht ausführbar; sie giebt dagegen, wenn sie gelingt, einen sehr soliden und dichten Ueberzug, welcher fest haftet und äusseren Einwirkungen den Zugang zu dem umhüllten Metalle nicht gestattet, bevor er nicht selbst diesen Einwirkungen erlegen ist.

Die galvanische Methode gestattet ihre Anwendung in weit zahlreicheren Fällen und giebt die Möglichkeit, die Stärke der Metallüberzüge beliebig zu regeln. Die Apparate, welche zur Herstellung dieser Ueberzüge dienen, sind verhältnissmässig einfach; und die Kosten der

Herstellung eines dünnen, nur als Verschönerung dienenden Ueberzuges, welcher oft binnen wenigen Minuten herzustellen ist, sind verhältnissmässig gering. Als ein Schutz gegen äussere Einwirkungen zu dienen, ist jedoch ein solcher dünner Ueberzug durchaus ungeeignet; zur Erreichung dieses Zweckes ist eine Stärke desselben erforderlich, welche die Kosten und auch die technischen Schwierigkeiten der Herstellung erheblich steigert; und selbst, wenn die Dicke des Ueberzuges derjenigen eines auf directem Wege hergestellten Ueberzuges gleich ist, pflegt die Wirkung desselben als Schutzmittel weniger vollkommen als die des letztern zu sein.

Der Unterschied dieses abweichenden Verhaltens des Metallüberzugs, je nachdem derselbe durch Schmelzen oder auf galvanischem Wege gebildet ist, dürfte in dem Umstande zu suchen sein, dass das geschmolzene Metall eine völlig dicht zusammenhängende und mit der Oberfläche des Arbeitsstücks legirte Decke bildet, das galvanisch niedergeschlagene aber aus lauter einzelnen nach und nach an einander gereihten und auf einander abgelagerten Krystallchen besteht, welche weder unter sich noch mit dem Grundmetalle den festen Zusammenhang besitzen wie das geschmolzene.

Die Amalgamationsmethode endlich liefert zwar einen dauernden festen Ueberzug des Edelmetalls, ist aber ziemlich umständlich, kostspielig und nicht ungefährlich für die Gesundheit.

Es folgt hieraus, dass die directe Methode, sofern sie überhaupt anwendbar ist, überall da den Vorzug verdient, wo der Zweck vorliegt, einen gegen stärkere äussere Einflüsse schützenden Ueberzug herzustellen; dass hingegen, wenn vorzugsweise eine Verschönerung solcher Gegenstände beabsichtigt wird, welche äusseren Einflüssen in weniger starkem Maasse ausgesetzt sind, das galvanische Verfahren seiner grössern Mannigfaltigkeit und seiner leichtern Ausführung halber den Vorrang behaupten wird; und dass endlich, da das Amalgamationsverfahren sich nur auf das Ueberziehen mit Gold und Silber beschränkt, also auf Gebrauchsgegenstände, welche äusseren Einflüssen überhaupt weniger ausgesetzt zu sein pflegen, es in den allermeisten Fällen durch galvanische Vergoldung und Versilberung ersetzt werden kann, welche in einfacherer und billigerer Weise sich herstellen lässt.

### a. Das Ueberziehen auf directem Wege.

Das als Ueberzug dienende Metall wird gewöhnlich in einem Kessel geschmolzen. Ein richtig gewählter Temperaturgrad ist von Wichtigkeit für das Gelingen des Processes. Bei zu hoher wie bei zu niedriger Temperatur haftet das geschmolzene Metall schlecht an dem festen Metalle; bei niedriger Temperatur erstarrt es ausserdem zu rasch und bildet einen dicken, unschönen Ueberzug.

Die Oberfläche des zu überziehenden Metalls wird auf mechanischem Wege durch Schaben und Kratzen oder chemisch durch Beizen vollständig gereinigt. Wie beim Löthen findet Adhäsion nur auf einer ganz reinen Metallfläche statt. Jede Berührung der gereinigten Metallfläche mit den Fingern ist deshalb zu vermeiden; bilden sich bei der häufig erforderlichen Erwärmung des Arbeitsstücks neue Oxydationsproducte an der Oberfläche, so müssen chemische Mittel angewendet werden, welche dieselben verschlacken oder verflüchtigen. Besonders geeignet hierfür ist der Salmiak, entweder in concentrirter Lösung auf die Metallfläche aufgestrichen, ehe sie in das geschmolzene Bad eingetaucht wird, oder in Pulverform mit Hilfe eines Wergbüschels an einem Stabe auf der Metallfläche verrieben; oder in Stückform zum Abreiben des erhitzten Arbeitsstücks in dem Augenblicke vor dem Eintauchen.

## Beispiele.

### Das Verzinnen des Eisens auf directem Wege.

Da das Eisen, sowohl Guss- als schmiedbares Eisen, bekanntlich dem Rosten sehr leicht unterworfen ist, so ist das Ueberziehen desselben mit einem andern Metalle ein sehr häufig angewendetes Schutzmittel; und das am häufigsten als Ueberzug dienende Metall ist das Zinn, welches unter den leichtschmelzbaren Metallen selbst am wenigsten leicht durch Einflüsse der Luft und Feuchtigkeit leidet.

Am leichtesten gelingt die Verzinnung, wenn man statt reinen Zinns ein etwas bleihaltiges Zinn anwendet. Für Gegenstände jedoch, welche zum Küchengebrauch dienen — Kasserolle, Kessel u. s. w. — ist die Anwendung eines bleihaltigen Zinns verwerflich, da das Blei leichter als das Zinn sich löst und giftig wirkt.

Gefässe aus Schwarzblech, Kasserolle und dergleichen, verzinnt man in folgender Weise. Die Gefässe werden in Salzsäure gebeizt, gescheuert, mit Wasser abgespült, über einem Kohlenfeuer getrocknet, dann an den Stellen, welche verzinnt werden sollen, mit concentrirter Salmiaklösung bestrichen, abermals getrocknet und erwärmt. Sobald sie trocken und warm geworden sind, taucht man sie in den neben dem Kohlenfeuer befindlichen Kessel mit geschmolzenem Zinn, schwenkt etwas von dem Zinn rasch in dem Gefässe hin und her und giesst das überflüssige aus. Das Zinn haftet an allen vorher mit Salmiak bestrichenen Stellen. Nun verreibt man rasch das Zinn mit einer in heisses Fett getauchten Bürste, um die Zinnschicht vollständig gleichmässig auszubreiten, lässt erkalten und entfernt schliesslich das Fett durch Abreiben.

Der Zinnüberzug, welcher in dieser Weise hergestellt wurde, ist ziemlich stark, lässt bisweilen krystallinische Structur erkennen und besitzt dadurch verhältnissmässig wenig Glanz. Für sehr saubere Arbeiten, z. B. Blechlöffel, hält man deshalb einen zweiten Topf bereit, welcher ganz

reines Zinn enthält, taucht den Gegenstand abermals ein und giebt ihm dadurch die äussere Vollendung.

Man beschränkt sich jedoch nicht auf das Verzinnen fertiger Gefässe, sondern verzinnt häufig schon das als Material für die weitere Verarbeitung dienende Eisenblech und nennt dasselbe im verzinnten Zustande Weissblech. Da man beim Weissblech grossen Werth auf vollendetes Aeussere legt, so ist das Verfahren der Herstellung ziemlich umständlich.

Man wählt zum Verzinnen die dünneren Sorten Eisenblech, welche besonders zu diesem Behufe in Tafeln von durchschnittlich 400 mm Länge und 300 mm Breite hergestellt werden. Die Bleche werden zunächst mit verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure abgebeizt, in Wasser abgespült, getrocknet, in einem luftdicht geschlossenen Flammofen oder auch wohl einem Kessel 12 bis 24 Stunden heller Rothgluth ausgesetzt und dann noch einmal kalt zwischen den polirten Stahlwalzen eines Blechwalzwerks unter starkem Drucke durchgeführt, wodurch sie eine glatte, glänzende Oberfläche erhalten. Sie werden dann abermals gelinde geglüht, um ihnen die beim Walzen erhaltene Sprödigkeit zu nehmen und müssen nun einem zweiten Beizprocesse unterworfen werden zu dem Zwecke, das durch das Glühen hervorgerufene, als gelbe oder blaue Anlauffarbe erscheinende Oxydhäutchen zu entfernen. Hierzu dient eine Flüssigkeit, welche durch Gähren organischer Stoffe in Wasser bereitet wird, gewöhnlich Kleie. Nachdem die Bleche mehrere Tage in dieser Beize verweilt haben, bringt man sie noch einmal ganz kurze Zeit in verdünnte Schwefelsäure, spült sie ab, scheuert sie mit Werg und feinem Sande vollends blank, um jedes zurückgebliebene Fleckchen zu entfernen und legt sie bis auf Weiteres zur Aufbewahrung in Kalkwasser.

Wenn die Verzinnung beginnen soll, nimmt man sie heraus und steckt mehrere hundert Stück mit einem Male in eine gusseiserne Pfanne mit geschmolzenem Talg, in welchem sie so lange Zeit verweilen, bis die letzte Spur von Feuchtigkeit vollständig entfernt ist. Man nennt das Gefäss, welches diesen geschmolzenen Talg enthält, Vortopf. Aus diesem gelangen sie in eine zweite gusseiserne Pfanne, Zinntopf genannt, welche geschmolzenes und stark erhitztes Zinn enthält mit einer Decke von Talg um die Luft abzuhalten. In diesem Gefässe verweilen sie $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden und gelangen nun in eine dritte Pfanne mit ganz reinem, weniger stark als im Zinntopfe erhitztem Zinn, Waschtopf genannt. Zuvor lässt man jedoch auf einem Schragen die an den Blechen noch im flüssigen Zustande anhaftenden Zinntropfen ablaufen, um einer Verunreinigung des reinen Zinns mit dem weniger reinen thunlichst vorzubeugen. Von dem reinern Zinn des Waschtopfs bildet sich nun während des Verweilens im Waschtopfe ein zweiter Ueberzug auf dem schon im Zinntopfe gebildeten ersten Ueberzuge. Nimmt das Zinn im Zinntopfe ab, so ersetzt man es durch Nachfüllen aus dem Waschtopfe, weil dieses ohnehin allmälig verunreinigt wird, und setzt reines frisches Zinn in den Waschtopf ein.

Die Bleche werden nun einzeln aus dem Waschtopfe herausgenommen, noch heiss mit einer fettigen Hanfbürste oder Werg in gleichmässigen Strichen überfahren, wodurch eine gleichmässige Ausbreitung des Zinns bezweckt wird, abermals durch den Waschtopf gezogen [1]), wodurch die beim Abwischen entstandenen Streifen vertilgt werden, und nun in einen vierten Kessel gestellt, welcher mit stark erhitztem Palmöl oder einem Gemische aus Palmöl und Talg gefüllt ist und Fetttopf heisst. Das Fett ist bis auf die Schmelztemperatur des Zinns erhitzt, so dass das letztere, welches durch das Eintauchen von der Luft ganz abgeschlossen ist, noch einmal schmilzt, sich dadurch gleichmässig ausbreitet und eine spiegelblanke Oberfläche erhält, indem zugleich der Ueberschuss an Zinn (oft bis zu 60 Proc. des gesammten Zinns) abtropft. Wie es scheint, saigert hierbei vorzugsweise bleihaltiges — also in niedrigerer Temperatur schmelzbares — Zinn aus und eine Schicht reinen Zinns bleibt zurück. Die Behandlung in diesem Topfe muss eine sehr vorsichtige sein; man stellt deshalb immer nur wenige Tafeln gleichzeitig ein und schützt sie vor gegenseitiger Berührung.

Aus dem Fetttopfe kommen die Bleche nun in die letzte Pfanne, welche leer ist und zur Abkühlung dient, deshalb auch nicht geheizt wird und Kalttopf genannt wird, obschon er durch die unmittelbare Nähe der übrigen Töpfe eine genügende Temperatur erhält, um eine allzu beschleunigte Abkühlung zu vermeiden. In diesem Gefässe werden sie vertical aufgestellt, damit das anhaftende Fett ablaufen kann. Aber auch noch etwas flüssiges Zinn fliesst hierbei nach unten und bildet dadurch am untern Rande einen Wulst, Tropfkante genannt. Um diesen zu entfernen, werden die Bleche schliesslich noch einmal mit dem untern Ende in den Fetttopf oder in ein besonderes, dazu bestimmtes und mit flüssigem Zinn gefülltes Gefäss getaucht, welches in diesem Falle Saumtopf genannt wird. Der Wulst wird flüssig, man befördert durch Klopfen das Abfallen und es hinterbleibt nur ein schmaler Streifen — der Saum genannt — durch geringern Glanz gekennzeichnet.

Der Verbrauch an Zinn beträgt $6^1/_2$ bis 8 Proc., das fertige Blech enthält 3 bis 5 Proc. seines Gewichts Zinn.

Schliesslich werden die Bleche durch Abreiben mit Kleie völlig gereinigt, sortirt und verpackt.

So einfach diese Manipulationen an und für sich sind, so steigert sich doch die Schwierigkeit des Gelingens und insbesondere der Herstellung einer gleichmässigen, glatten Oberfläche mit der Grösse derselben. Man hat für grosse Bleche deshalb mechanische Vorrichtungen in Anwendung, um das Verzinnen zu erleichtern. Dieselben beruhen auf der Anwendung eines Walzenpaars, welches die verzinnten Bleche zu passiren haben, sobald sie aus dem Zinntopfe kommen. Entweder liegen beide Walzen

---

[1]) Auf einzelnen Werken durch einen folgenden Topf mit ganz reinem Zinn, wenn eine Verunreinigung des Zinns im Waschtopfe befürchtet wird.

oberhalb des Niveaus des Zinnbades; oder eine derselben ist noch in dem flüssigen Zinn selbst gelagert, so dass das Blech während des Austretens aus dem Bade zwischen beiden hindurchgeführt wird.

Eine derartige von Girard eingeführte Maschine ist in den Figuren 564 und 565 abgebildet. *AB* ist die gusseiserne Pfanne, welche das ge-

Fig. 564.

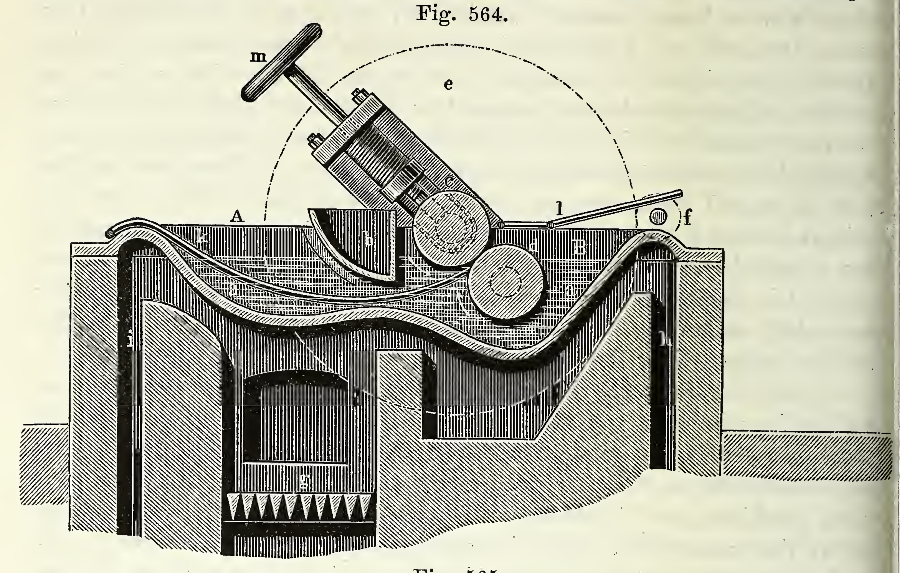
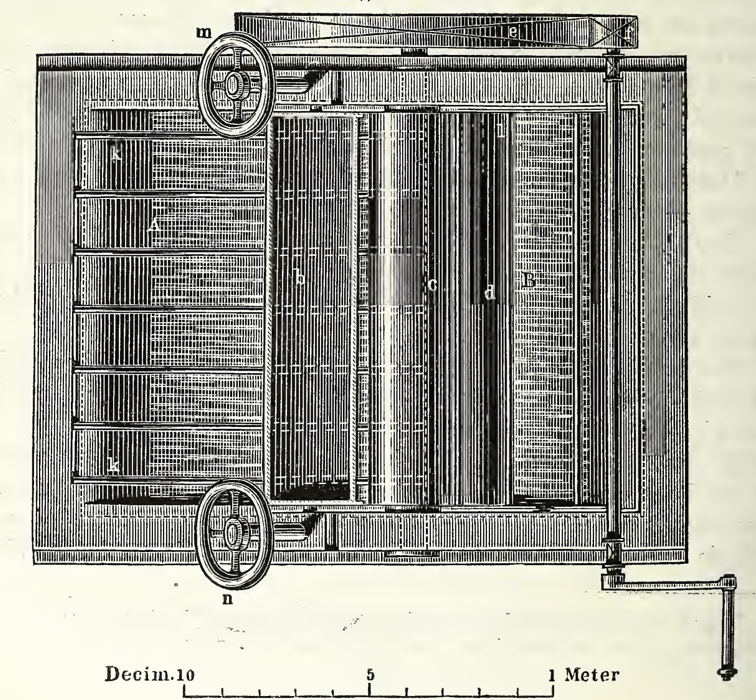



Fig. 565.



schmolzene Zinn enthält und von unten durch die Feuerung *g* geheizt wird. *k* sind schmiedeeiserne Führungsstäbe, auf welchen das Blech in des Bad gelangt. *b* ist ein kastenartiges gusseisernes Querstück, theils zu dem Zwecke, eine obere Führung für das Blech zu bilden, theils um die in dem Theile *A* sich ansammelnden Unreinigkeiten dort zurückzuhalten und vor dem Hinübergehen nach *B* zu bewahren. *c d* sind die Walzen, in zwei mit Stellschrauben versehenen Ständern gelagert und von den Getrieben *f e* aus bewegt. *l* sind Führungsstäbe für die austretenden Bleche. Das Zinn in der Abtheilung *A* ist mit Chlorzink, in *B* mit Talg bedeckt.

Um kleine Gegenstände aus Eisen — Nägel, Angeln, Schnallen und dergleichen — zu verzinnen, lässt man sie in verdünnter Schwefelsäure so lange liegen, bis sie völlig blank sind, spült sie dann in Wasser ab, trocknet sie durch Schütteln mit Holzsägespänen und wirft sie nun in eine eiserne Pfanne mit geschmolzenem Zinn. Zum Herausnehmen bedient man sich einer Art Gabel und schleudert durch einen raschen Schlag gegen den Stiel derselben die herausgenommenen Gegenstände so in ein Gefäss mit Wasser, dass sie zerstreut zu liegen kommen und ein Zusammenlöthen mehrerer Stücke vermieden wird.

Grössere Gegenstände hängt man an einem Drahte in das stark erhitzte Zinnbad und wirft sie nach dem Eintauchen wie die kleineren ins Wasser.

Draht wird verzinnt, indem man ihn nach dem Reinigen von Glühspan in 8 bis 16 Strähnen durch ein in zwei Abtheilungen getrenntes Gefäss führt, welches in der einen Abtheilung gewöhnliches Zinn, bedeckt mit Chlorzink, in der andern ganz reines Zinn mit einer Talgdecke enthält. Als Scheidewand zwischen beiden Abtheilungen dient zuweilen eine Walze; um das überflüssige Zinn abzustreifen, benutzt man häufig ein Zieheisen, welches der Draht nach dem Verlassen des Bades zu passiren hat.

Schwieriger als das Verzinnen von schmiedbarem Eisen ist das Verzinnen von Gusseisen; und um so schwieriger, je grösser der Graphitgehalt des Gusseisens ist. Es kommt deshalb im Ganzen wenig zur Anwendung und wird dann in ganz ähnlicher Weise ausgeführt, als das beschriebene Verzinnen schmiedeeiserner Gefässe.

### Verzinnen von Kupfer und Messing.

Dasselbe kommt vorwiegend bei Kochgeschirren in Anwendung, um durch das schwieriger lösbare Zinn einen Schutz für das Gefäss gegen das Auflösen und für die Speisen gegen Vergiftung zu bilden. Da Kupfer und Zinn sich leicht legiren, ist das Verfahren leichter ausführbar als die Verzinnung des Eisens. Die Gefässe werden mit verdünnter Schwefelsäure gebeizt, getrocknet, erhitzt; das geschmolzene

Zinn wird mit etwas Salmiak hineingegossen, mit einem Büschel Werg verrieben und dann das Ueberflüssige durch Ausgiessen entfernt.

### Das Verzinken des Eisens

hat vor dem Verzinnen den Vorzug der grössern Billigkeit des als Ueberzug dienenden Metalls; und wenn, wie in den meisten Fällen, ein Rosten des Eisens durch den Ueberzug verhütet werden soll, so kommt der Umstand in Betracht, dass ein mit Zink überzogenes Eisenstück negativ elektrisch wird, während das Zink den positiven Pol der Kette bildet, bei der Zerlegung von Wasser der Sauerstoff desselben also an das Zink geht und das Eisen unbeeinflusst bleibt. In Rücksicht auf diese Thatsache hat man dem verzinkten Eisen im Handel den — allerdings ziemlich unglücklich gewählten — Namen galvanisirtes Eisen gegeben.

Die Ausführung des Verzinkens ist ganz ähnlich als beim Verzinnen. Man beizt die Gegenstände, putzt sie durch Scheuern oder Kratzen von noch anhaftendem Oxyde, taucht sie in Kalkwasser, trocknet und erwärmt sie und bringt sie in das Zinkbad. Stellen, wo das Zink nicht haften will, werden mit einem Stücke Salmiak gerieben und dann rasch wieder eingetaucht.

Für das Verzinken von Blechtafeln benutzt man ein gleiches Walzwerk wie für das Verzinnen, dessen Walzen sich im geschmolzenen Zink drehen [1]).

### b. Das Ueberziehen auf nassem Wege.

Wenn man ein Metall in die Lösung eines Salzes eines andern Metalles einhängt, so findet in manchen Fällen ohne Weiteres eine Metallausscheidung auf der Oberfläche des eingebrachten Metalls statt, indem sich eine äquivalente Menge des letztern löst und an die Stelle des ausgeschiedenen Metalls tritt. So scheidet Eisen aus einer neutralen oder schwachsauren Lösung von Kupfervitriol sofort Kupfer aus, welches als rother Ueberzug das Arbeitsstück bedeckt; Zink in Platinchloridlösung erhält einen tiefschwarzen Ueberzug von ausgeschiedenem Platin u. s. f. Wenn die Lösung des Metallsalzes stark concentrirt war, so pflegt das Metall sich pulverig oder körnig auszuscheiden und an der Oberfläche des eingetauchten Arbeitsstücks wenig oder gar nicht zu haften; aus verdünnten Lösungen erfolgt die Ausscheidung zwar langsamer, aber gleichartiger und besser haftend.

Derartige Ausscheidungen, durch einfache chemische Substitutionen hervorgerufen, sind jedoch nur auf gewisse Fälle beschränkt, haben den

---

[1]) Verzinkte Bleche finden als Dachbedeckungsmaterial Anwendung. Fabrik: Jacob Hilgers in Rheinbrohl.

Nachtheil, dass die Lösung mehr und mehr durch Aufnahme des fremden Metalls verunreinigt wird und dass ein auf diesem Wege erzeugter Ueberzug, wenn er haften soll, nur äusserst dünn ausfallen kann und bei der Benutzung des betreffenden Gegenstands rasch wieder verschwindet. Daher findet dieses Verfahren nur beschränkte Anwendung für solche Gegenstände, die einer Abnutzung beim Gebrauche nicht unterworfen sind, Schaustücke und dergleichen.

Weit zahlreicher sind die Fälle, wo man den galvanischen Strom benutzt, um Metallsalze zu zerlegen und Metall aus den Lösungen auf der Oberfläche des zu überziehenden Gegenstandes niederzuschlagen. Letzterer dient hierbei als Kathode für den galvanischen Strom, während man ein Metallblech als Anode in die Lösung einhängt. Dieses galvanische Verfahren hat mancherlei Vorzüge vor der einfachen Zersetzung durch Substitution. Ein Vortheil liegt in der grösseren Mannigfaltigkeit der auf diese Weise zu erzeugenden Ueberzüge, sowie in dem festern Haften und der grössern erreichbaren Stärke derselben. Zweitens ist man im Stande, solche Lösungen anzuwenden, welche auf die Kathode ohne chemische Einwirkung bleiben, bei denen also die erwähnte Verunreinigung des Bades ganz ausgeschlossen ist und das Material des Arbeitsstückes auch bei beliebig langer Zeitdauer des Processes, abhängig von der Stärke des herzustellenden Ueberzugs, vollständig unbeeinflusst bleibt. Ausserdem hat man die Möglichkeit, wenn man als Anode ein eben solches Metall benutzt, als aus der Lösung abgeschieden werden soll, lange Zeit die Lösung annähernd in constanter Zusammensetzung zu erhalten, da von der Anode unter Einwirkung des galvanischen Stromes frisches Metall in Lösung geht, sobald das gelöste niedergeschlagen wird. Es muss freilich hierbei bemerkt werden, dass diese Auflösung der Anode doch auch durch andere Vorgänge mit beeinflusst wird und man gewöhnlich in der Praxis genöthigt ist, von Zeit zu Zeit den Metallgehalt der Lösung durch Zusatz frischen Metallsalzes wieder anzureichern. Bei Anwendung des galvanischen Stromes ist man ferner im Stande, die Stromstärke genau zu regeln, welche erfahrungsmässig auf die Gleichmässigkeit und das feste Anhaften des Ueberzuges von Einfluss ist. In den meisten Fällen liefert ein schwächerer Strom, obschon derselbe zur Bildung eines Ueberzuges längere Zeit gebraucht, doch gleichmässigere und dauerhaftere Ueberzüge als ein stärkerer. Endlich ist noch zu erwähnen, dass man mit Hülfe des galvanischen Stromes nicht allein im Stande ist, einfache Metalle, sondern selbst Legirungen aus ihren Lösungen als solche abzuscheiden und auf einer Metallfläche niederzuschlagen — Messing, Bronze etc. — und es ist interessant und für die Anwendung des Verfahrens nicht unwichtig, dass man durch Regelung der Stromstärke aus derselben Lösung quantitativ verschieden zusammengesetzte, also verschieden gefärbte, Ueberzüge erhält. Aus Messing- oder Bronzelösungen scheidet ein schwächerer Strom kupferreichere,

dunklere, ein stärkerer Strom zink- oder zinnreichere, heller gefärbte Niederschläge aus u. s. w.

Damit das Arbeitsstück von der Lösung nicht angegriffen werde (wodurch zugleich ein festes Haften des hergestellten Ueberzuges erschwert werden würde), darf die letztere nicht sauer sein, sondern muss alkalische oder neutrale Reaction besitzen. Das chemische Verhalten des für den Ueberzug bestimmten Metalls muss entscheiden, welche Verbindungen desselben und welches Lösungsmittel das geeignetste sei. Manche Metalloxyde lösen sich in verdünnter Kalilauge und lassen sich durch den galvanischen Strom aus derselben abscheiden (Zinn, Gold); bei anderen bildet Ammoniakflüssigkeit mit Chlorammonium ein geeignetes Lösungsmittel (Zink), bisweilen versetzt mit organischen Verbindungen (weinsauren, citronensauren und anderen Salzen), welche die Ausscheidung befördern sollen (Nickel); wieder andere eignen sich nur als Cyansalze zur Bildung von Ueberzügen, wobei als Lösungsmittel für dieselben entweder Cyankaliumlösung (beim Silber) oder in Anbetracht des hohen Preises des Cyankaliums eine Lösung von unterschwefligsaurem Natrium (beim Kupfer) benutzt wird.

Als Behälter für die Lösungen benutzt man, wenn ihre Menge klein ist und die Verarbeitung in der Kälte vor sich geht, irdene Geschirre für grössere Mengen hölzerne Bottiche, aus Eichenholz gefertigt und mit eisernen Bänden versehen; muss eine Erwärmung der Lösung stattfinden, eiserne emaillirte Geschirre. Quer über das betreffende Gefäss legt man einen Kupferstab (der bei metallenen Gefässen gut isolirt werden muss), dessen eines Ende durch einen Kupferdraht mit dem negativen Pole der galvanischen Säule in Verbindung gesetzt wird. Dieser Kupferstab ermöglicht es, eine grössere Anzahl von Gegenständen gleichzeitig in die Lösung einzuhängen, indem man jeden derselben mit einem Stück Kupferdraht umwickelt und mit diesem an dem Stabe aufhängt. Die als Anoden dienenden Bleche werden an den Seiten des Gefässes den Arbeitsstücken gegenüber gleichfalls an einem Kupferdrahte aufgehängt und durch denselben mit dem positiven Pole verbunden.

Die erforderliche Stromstärke ist von der Grösse der Oberfläche und der Leitungsfähigkeit des Arbeitsstücks abhängig. Für sehr kleine Gegenstände kann man ein thermoelektrisches oder Daniell'sches Element benutzen; für grössere pflegt man Bunsen'sche anzuwenden. Ein einziges Bunsen'sches Element genügt zum gleichzeitigen Ueberziehen zahlreicher kleinerer Arbeitsstücke (Schmuckwaaren, Löffel und dergleichen); nur für sehr grosse Arbeitsstücke verbindet man mehrere Elemente zu einer Batterie. Um bei Anwendung Bunsen'scher Elemente die Belästigung der Arbeiter durch die sich entwickelnden Säuredämpfe zu vermeiden, empfiehlt es sich, sie in einem getrennten Locale aufzustellen und den Strom durch isolirte Kupferdrähte in das Arbeitslocal zu leiten.

Die grösste Sorgfalt bei der Bereitung der Lösungen, Auswahl solcher Chemikalien, die nicht durch andere Stoffe verunreinigt sind, und eine peinliche Sauberkeit bei allen während des Ueberziehens vorkommenden Arbeiten ist eine Hauptbedingung für ein gutes Gelingen. Zunächst muss man Sorge tragen, dass die zu überziehende Metallfläche vollständig metallisch rein sei. Sie wird durch Beizen, Scheuern, Kratzen gereinigt, jede Berührung mit den Fingern dabei thunlichst vermieden, und in ganz derselben Weise behandelt, als es oben bereits beschrieben wurde. Nach dem Beizen spült man die Gegenstände in Wasser ab und kann sie ohne Weiteres in die Lösung einhängen, oder, wenn dieses nicht thunlich ist, einstweilen in Kalkwasser aufbewahren.

Auch während die Gegenstände in der Lösung hängen, pflegt eine öftere Bearbeitung der Oberfläche erforderlich zu werden. Dieselbe hat theils den Zweck, mechanisch abgelagerte fremde Stoffe zu entfernen, hauptsächlich aber auch, ein Festdrücken der krystallinisch ausgeschiedenen Metallblättchen zu bewirken und dadurch einen gleichmässigern, glattern und zugleich dichtern Ueberzug hervorzubringen. Man benutzt hierzu die schon erwähnten Kratzbürsten aus Stahl- oder Messingdraht, oder bei sehr zarten Gegenständen gewöhnliche Zahnbürsten. Hat der Ueberzug die gewünschte Stärke erreicht — was nach Umständen in wenigen Minuten oder nach Verlauf vieler Stunden der Fall sein kann —, so spült man den Gegenstand in Wasser ab, bürstet sorgfältig die Oberfläche, trocknet in Sägespänen und entfernt schliesslich den letzen Rest der Feuchtigkeit durch Erwärmen im vorher geheizten Trockenschranke.

## Beispiele.

### Verkupfern, Vermessingen, Bronziren.

Das einfachste schon erwähnte Verfahren zum Verkupfern von Eisen ist das Eintauchen desselben ohne galvanischen Strom in die Lösung eines Kupfersalzes, wobei sich dasselbe sofort roth überzieht. Gewöhnlich benutzt man eine Lösung von Kupfervitriol. Der Ueberzug wird haftbarer, wenn die Lösung nicht neutral, sondern schwach sauer ist. Man kann in 1 l Wasser 2 g Kupfervitriol lösen und einige Tropfen Schwefelsäure hinzufügen. Das Arbeitsstück wird in die Kupferlösung einige Minuten eingehängt, gekratzt, abgespült, dann, wenn der Ueberzug stärker werden soll, ein zweites und drittes Mal eingehängt, schliesslich mit reinem Wasser, dann mit Kalkwasser abgespült, um alle noch vorhandene Säure zu neutralisiren, und getrocknet.

Diese Methode ist nur im Stande, schwache, wenig dauerhafte Ueberzüge zu liefern. Bisweilen benutzt man eine solche Verkupferung als Vorbereitungsprocess für das Ueberziehen des Eisens mit anderen Metallen, welche sich leichter auf dem Kupferüberzuge als auf der Eisenfläche absetzen.

Weit dauerhaftere Kupferniederschläge sowohl auf Eisen als Zink und anderen Metallen erhält man aus alkalischen Lösungen mit Hülfe des galvanischen Stromes. Am besten hierfür eignet sich Cyankupfer in Cyankalium oder unterschwefligsaurem Natrium gelöst. Eine derartige Lösung erhält man z. B., wenn man 1 Thl. Kupferacetat mit 1 Thl. Soda behandelt, welche in Wasser gelöst ist, dann die so erhaltene Masse, nachdem das Aufbrausen aufgehört hat und sie gut durchgerührt ist, in eine Lösung von 3 Thln. Cyankalium in so viel Wasser einträgt, dass die Menge der ganzen Flüssigkeit incl. des zum Lösen der Soda benutzten 60 Gewichtstheile Wasser enthält.

Will man statt des Kupferniederschlags einen Messingüberzug herstellen, so ist nur ein Zusatz von etwas Cyanzink zu der beschriebenen Lösung erforderlich; z. B. auf 1 l Wasser 16 g Kupferacetat, 2,5 g Zinkvitriol, 18 g Natriumcarbonat; der Niederschlag durch Zusatz von circa 50 g Cyankalium gelöst. Wie schon erwähnt, kann man mit einer solchen Lösung gelbe und röthliche Niederschläge erhalten, je nachdem man einen stärkern oder schwächern Strom anwendet.

Bronzelösung wird durch Zusatz einer geringen Menge Zinnlösung zu der Kupferlösung erhalten. Die grossen Brüstungsgitter auf den Zuschauertribünen der Berliner Börse, in Ilsenburg aus Gusseisen gefertigt, wurden in einer Lösung von folgender Zusammensetzung galvanisch bronzirt: 40 Thle. Kupferacetat und 40 Thle. Soda mit Wasser bis zur Zersetzung behandelt; hierzu kamen 40 Thle. unterschwefligsaures Natrium, 60 Thle. Cyannatrium[1]) und im Ganzen 2500 Thle. Wasser; schliesslich ein Zusatz von $^3/_4$ Thl. Zinnsalz (Zinnchlorür) mit 2 Thln. Aetzkali in Wasser gelöst. Jedes der Gitter wog 500 kg, und es war zur Erzeugung des galvanischen Stromes eine Batterie von sechs bis zehn Bunsen'schen Elementen erforderlich. Die Zeitdauer der Einwirkung war circa drei Stunden, während welcher Zeit das Gitter mehrmals herausgenommen und mit Messingdrahtbürsten bearbeitet wurde.

### Verzinnen.

Dasselbe findet bisweilen Anwendung, um eisernen oder messingenen Gegenständen einen silberartigen Ueberzug zu geben, bildet aber nicht in dem Maasse, als die Verzinnung auf directem Wege einen Schutz gegen äussere Einflüsse. Man hat verschiedene Methoden zum Verzinnen auf nassem Wege. Stecknadeln aus Messingdraht und andere kleine Messinggegenstände werden in einer auf Siedhitze erwärmten Lösung

---

[1]) Cyannatrium soll schönere Ueberzüge als Cyankalium hervorrufen; die Richtigkeit dieser Angabe möge dahin gestellt bleiben. Man hat thatsächlich auch mit Cyankalium schöne Bronzirungen dargestellt, doch ist bei dem grössern Atomgewichte des Kaliums auch ein grösserer Zusatz desselben erforderlich.

ohne galvanischen Strom verzinnt, welche in 80 Thln. Wasser 1 Thl. Weinstein und 3 Thle. feingekörntes Zinn (durch Verreiben geschmolzenen Zinns in einer Schale mit einer Mörserkeule bis zur Erstarrung dargestellt) enthält. Die Zeitdauer der Einwirkung ist $1^1/_2$ bis 2 Stunden (Weisssieden).

Für Benutzung des galvanischen Stromes bereitet man sich eine Lösung durch Auflösen von Zinnsalz in überschüssiger Kalilauge, z. B. 1 Thl. Zinnsalz (Zinnchlorür), 5 Thle. Aetzkali, 44 Thle. Wasser.

Man hat vorgeschlagen, den auf nassem Wege erhaltenen Zinnüberzug auf Eisen durch Erwärmen des Gegenstandes auf die Schmelztemperatur des Zinns zum Schmelzen zu bringen und dadurch ebenso widerstandsfähig zu machen, als ein auf directem Wege erhaltener Ueberzug. Versuche, welche Verfasser in dieser Richtung anstellte, Gusseisen vor Rost zu schützen, haben den gewünschten Erfolg nicht gehabt.

### Vernickeln.

Theils die eigenthümliche Farbe des Nickels, theils die Widerstandsfähigkeit desselben gegen chemische Einflüsse hat in neuerer Zeit vielfach Veranlassung gegeben, ornamentale und andere Gegenstände aus Eisen und Messing auf galvanischem Wege zu vernickeln. Man behauptet, das Eisen durch einen Nickelüberzug gegen das Rosten zu schützen; nach den Erfahrungen des Verfassers muss wenigstens bei Gusseisen, welches den Witterungseinflüssen ausgesetzt ist, dieser Erfolg bezweifelt werden; oder der Ueberzug müsste in einer Stärke hergestellt werden, dass bei dem hohen Preise des Nickels (vergl. S. 32) das Verfahren kaum als praktisch brauchbar erscheinen könnte. Vor einer Versilberung besitzt dagegen die Vernickelung den Vorzug, dass sie nicht so leicht als jene in schwefelwasserstoffhaltiger Luft geschwärzt wird.

Die Ausführung der Vernickelung ist nicht schwierig. Man löst ein käufliches Nickelammoniumsalz — gewöhnlich schwefelsaures Nickelammonium — in 18 bis 20 Theilen Wasser und erwärmt bei der Benutzung auf 50 bis 60 Grad. Ein Zusatz von weinsaurem, citronensaurem, essigsaurem Ammonium oder auch Chlorammonium soll die Vernickelung befördern; z. B. 1 l Wasser, 50 g schwefelsaures Nickelammonium, 25 g schwefelsaures Ammonium, 5 g Citronensäure. Man kocht $^1/_4$ Stunde, setzt dann kohlensaures Ammonium bis zur neutralen Reaction hinzu und filtrirt. Das Nickelbad darf eher schwach alkalisch als sauer reagiren; stark alkalische Reaction ist ebenfalls nachtheilig.

### Versilbern.

Man benutzt eine Lösung von Cyansilber in Cyankalium. In 1 l Wasser löst man circa 15 g krystallisirtes salpetersaures Silber und so viel Cyankalium, bis der anfänglich entstehende Niederschlag wieder gelöst ist. Aus

verdünnten Lösungen erhält man glänzende, aus concentrirten matte Ueberzüge.

Eisenwaaren pflegt man vor der Versilberung zu verkupfern.

Zu einer oberflächlichen Versilberung von Messinggegenständen (physikalischen Instrumenten, Zifferblättern u. a.) kann man eine Lösung von Chlorsilber mit 4 Thln. Kochsalz und 4 Thln. Weinstein in Wasser benutzen, in welcher die betreffenden Gegenstände gekocht werden.

Soll der Silberüberzug eine antike Färbung erhalten (sogenanntes oxydirtes Silber), so taucht man den Gegenstand nach der Versilberung in eine verdünnte, mit etwas Ammoniak versetzte Lösung von Schwefelleber oder auch von Schwefelammonium, wodurch ein Ueberzug von Schwefelsilber entsteht.

### Vergolden.

Eine zur galvanischen Vergoldung geeignete Lösung kann folgendermaassen hergestellt werden: 12 Thle. Goldchlorid in 1000 Thln. Wasser gelöst, dann allmälig 9 Thle. Aetzkali zugesetzt, bis der anfänglich entstehende Niederschlag sich wieder zu lösen beginnt, schliesslich Cyankalium bis zur klaren Lösung hinzugefügt. Man erhitzt zweckmässig diese Vergoldungsflüssigkeit bei der jedesmaligen Anwendung bis zum beginnenden Sieden und erhält damit ausserordentlich schöne Niederschläge auf Kupfer, Tomback, Bronze, Eisen, Zink etc.

Auch aus einer neutralen Goldchloridlösung schlägt sich ohne Anwendung des galvanischen Stroms Gold auf Eisen u. s. w. nieder, haftet aber schlecht und wird bald abgerieben. Man benutzt dieses Verhalten des Goldchlorids zur oberflächlichen Vergoldung von Stricknadeln, Stahlfedern, Scheeren und dergleichen; und zwar löst man zu diesem Zwecke das Goldsalz gewöhnlich in Schwefeläther und bestreicht mit dieser Lösung den zu vergoldenden Gegenstand.

## c. Ueberziehen durch Amalgamation.

Wie schon erwähnt wurde, wird das Amalgamationsverfahren nur für Vergoldung und Versilberung angewendet, und man nennt dasselbe im gewöhnlichen Leben „Feuervergoldung“ beziehentlich „Feuerversilberung“.

Zur Vergoldung benutzt man möglichst reines Gold, wenn man eine rein gelbe Vergoldung erzielen will. Mit Silber legirtes Gold giebt eine grüne, mit Kupfer legirtes eine röthliche Vergoldung und amalgamirt sich schwerer mit dem Quecksilber.

Um das Amalgam zu erzeugen, wird das Gold in feine Stäbchen zerschnitten, in einem Tiegel bis zum schwachen Rothglühen erhitzt, dann das achtfache Gewicht reinen Quecksilbers darüber gegeben, noch einige Minuten unter Umrühren erwärmt und dann in eine Schale mit

Wasser ausgegossen, um eine schnelle Abkühlung zu bewirken und Krystallisation zu verhindern, durch welche Körner entstehen würden.

Das erkaltete Amalgam wird nun gedrückt und geknetet, um das im Uebermaasse vorhandene Quecksilber zu entfernen, bis es eine teigartige Consistenz annimmt und an den Wänden der Schale kleben bleibt.

Der zu vergoldende Gegenstand wird zuerst erhitzt, dann gebeizt und abgetrocknet. Auf einer durch das Beizen matt gewordenen Oberfläche haftet das Gold besser als auf einer glatten. Das Amalgam wird mit einer Messingbürste aufgetragen, welche zuvor in eine verdünnte Auflösung von salpetersaurem Quecksilber, Quickwasser genannt, getaucht wird. Der Gegenstand wird dann abgespült, getrocknet und endlich auf eine Temperatur erhitzt, bei welcher das Quecksilber sich verflüchtigt. Man nennt diese zum Zwecke der Quecksilberverflüchtigung vorgenommene Erhitzung „Abrauchen“ und bedient sich dazu eines Ofens von Eisenblech mit Holzkohlen gefüllt, über welche das Arbeitsstück auf einen Rost gelegt wird.

Soll die Vergoldung stärker ausfallen, so wiederholt man das Verfahren zwei bis drei Male und nennt die Arbeiten demnach zweifach, dreifach in Feuer vergoldet. Der vergoldete Gegenstand wird, wenn er Glanz erhalten soll, mit einem Blutsteine polirt, wenn er matt bleiben soll, so wird er dem „Mattiren“ unterworfen und zu diesem Zwecke mit einem Gemenge von Salpeter, Kochsalz und Alaun mit etwas Wasser, welches in Breiform auf die vergoldeten Gegenstände aufgetragen wird, erhitzt.

Bei der Feuerversilberung verfährt man in ganz analoger Weise als bei der Vergoldung.

## B. Das Ueberziehen mit zusammengesetzten Körpern.

### a. Durch Oxydation.

Da das Oxyd eines Metalls häufiger widerstandsfähiger gegen chemische Einflüsse ist als das Metall selbst, so ist der Fall nicht selten, dass man die Oberfläche eines Metallgegenstandes auf künstlichem Wege oxydirt und dadurch einen Schutz gegen Zerstörung hervorruft. Eisen, den Witterungseinflüssen mit blanker Oberfläche ausgesetzt, überzieht sich bekanntlich sehr bald mit einer Rostschicht, aus Eisenhydroxyd (Eisenoxydhydrat) bestehend, welche nicht allein dem Gegenstande ein unschönes Aeussere giebt, sondern auch durch Fortpflanzung nach innen eine allmälig fortschreitende Zerstörung desselben bewirkt. Dagegen ist die als Eisenoxyduloxyd bekannte Sauerstoffverbindung des Eisens vollständig widerstandsfähig gegen die Einflüsse der Atmosphärilien und besitzt dabei eine nicht unangenehme blauschwarze, mattglänzende Farbe; gelingt es also, das Eisen mit einem fest haftenden Ueberzuge

dieser Verbindung zu versehen, so ist es dadurch hinlänglich gegen das Rosten geschützt.

Nicht immer sind es reine Oxyde, welche zu diesem Zwecke absichtlich gebildet werden; bisweilen bestehen die Ueberzüge aus kohlensauren, essigsauren oder anderen Verbindungen, sobald diese die Bedingungen: Widerstandsfähigkeit und Festhaften an der Oberfläche erfüllen.

In manchen Fällen sucht man durch Oxydation weniger einen Schutz als eine Verschönerung des Aeussern hervorzubringen; insbesondere dann, wenn Kunstgegenstände nach antiken Mustern vorliegen, und die durch die Zeit hervorgerufene Färbung der letzteren nachgeahmt werden soll; hierher gehört das schon erwähnte sogenannte oxydirte Silber (S. 776), die Patina auf Bronzewaaren u. a. m. Natürlich können zur Herstellung solcher lediglich als Verschönerung dienenden Ueberzüge ebensowohl Gegenstände benutzt werden, welche aus dem betreffenden Metalle selbst gefertigt waren (Silber- und Bronzewaaren), als auch solche, die, aus anderen Metallen bestehend, nur einen Ueberzug des betreffenden werthvolleren Metalls auf galvanischem oder anderm Wege erhalten hatten.

## Beispiele.

### Oxydation des Eisens (Brüniren).

Es giebt eine grosse Anzahl Vorschriften, das Eisen durch oxydische, auf nassem Wege gebildete Ueberzüge vor Rost zu schützen, ohne dass jedoch irgend eine derselben eine allgemeine Anwendung gefunden hätte. Fast stets ist es erforderlich, über den gebildeten Ueberzug einen zweiten Ueberzug von Wachs zu geben, und erst dieser bildet den eigentlichen Schutz, während jene chemischen Mittel vorwiegend eine dunkele Färbung hervorrufen sollen. Häufig benutzt man Metalllösungen, welche zugleich durch Substitution ein dunkel färbendes Metall auf der Eisenfläche niederschlagen: salpetersaures Silber, Chlorantimon u. A. Näheres hierüber in Karmarsch-Hartig: Mech. Technologie, 5. Aufl., S. 475.

Einen wirksamern Schutz bildet das schon oben erwähnte Oxyduloxyd, durch Erhitzung des Eisens hervorgerufen; die Seltenheit der Anwendung dieses Verfahrens liegt in dem Umstande, dass es schwierig ist, einen durchaus gleichmässigen und vor allen Dingen haltbaren derartigen Ueberzug hervorzubringen. Man hat zwei Methoden hierfür. Die eine wird ausschliesslich bei Herstellung von Eisenblechen — sogenannten Glanzblechen — angewendet. Man bürstet hierbei die für die Anfertigung bestimmten, noch stärkeren Bleche mit Wasser (um Rost zu bilden), bestreut sie mit Holzkohlenstaub, erhitzt sie zur Rothgluth, wobei mehrere Tafeln auf einander liegen, und walzt sie aus. Dann wird dasselbe Verfahren wiederholt. Schliesslich legt man 70 bis 100 solche Tafeln auf einander, verbindet sie durch umgelegte Ausschussbleche zu einem Ganzen, erhitzt sie mehrere Stunden lang, und bearbeitet sie gemeinsam

unter einem Hammer mit glatter Bahn oder unter polirten Walzen; dieses Glühen und Hämmern wird mehrmals wiederholt[1]).

Ein anderes von Barff in London vorgeschlagenes Verfahren beruht auf der Zersetzung des Wassers durch glühendes Eisen. Das Eisen wird mehrere Stunden lang bei einer Temperatur von 650 Grad der Einwirkung von Wasserdämpfen ausgesetzt und erhält dadurch eine Oxydationsschicht, welche selbst den Angriffen der Feile widersteht.

## Oxydation des Kupfers und der Bronze.

Dieses gewöhnlich unter dem Namen Bronziren des Kupfers bekannte Verfahren hat den Zweck, ihm jene braune, antike Färbung zu geben, welcher wir häufig an Medaillen, Theemaschinen und anderen für Schmuck oder häusliche Verwendung dienenden Kupfergeräthen begegnen. Es giebt zahlreiche Methoden hierfür.

Wenn man die vorher blank geschliffene oder gebeizte Oberfläche eines kupfernen Gegenstandes mit einem Brei aus Kolkothar (Eisenoxyd) und Wasser überzieht, trocknen lässt und zum Glühen erhitzt, so bildet sich eine dünne, festhaftende Lage von Kupferoxydul mit rothbrauner Farbe. Man lässt erkalten, entfernt den aufgetragenen Ueberschuss und wischt den Gegenstand rein ab.

Kupferne Medaillen können in folgender Weise bronzirt, d. h. mit jenem braunen, aus Kupferoxydul bestehenden Ueberzuge versehen werden. Man bringt 35 g reinen krystallisirten Grünspan und 17,5 g Salmiak gleichzeitig in 7,2 l kochendes Wasser. Die Flüssigkeit wird durch Kochen auf 1,4 l eingedampft und vermittelst eines hölzernen Spatels fleissig abgeschäumt. Nun werden 490 g Weinessig, welcher völlig frei von Schwefelsäure oder Salzsäure sein muss, zugesetzt, abermals fünf Minuten gekocht und dann der gebildete Niederschlag abfiltrirt. Nachdem derselbe mit heissem Wasser ausgewaschen worden ist, wird das Filtrat auf das Volumen von 5,7 l gebracht und in dieser Verdünnung zum Bronziren benutzt. Die sorgfältig gereinigten und inzwischen in Weingeist gelegten Medaillen gelangen, ohne getrocknet zu werden, zur Bronzirung. Zu diesem Zwecke bringt man die in der angegebenen Weise bereitete ganz klare Lösung in einer kupfernen Pfanne zum Kochen, entfernt den sich etwa bildenden Schaum und taucht 10 bis 15 Stück Medaillen mit Hülfe eines kupfernen Drahtsiebes unter fortwährendem Schwenken so lange ein, bis sie die gewünschte Färbung erhalten haben. Hierauf werden sie erst in warmem, dann in kaltem Wasser abgespült, mit weicher Leinwand und Rehleder abgetrocknet und auf eine mässig erhitzte Eisenplatte gelegt, wobei der Farbenton etwas

---

[1]) Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 855; Percy, Manufacture of Russian sheet iron, London 1871; Tunner, Russlands Montanindustrie, Leipzig 1871, S. 142.

nachdunkelt. Nach zwei- bis dreimaliger Benutzung ist die Flüssigkeit erschöpft [1]).

Gegossene Bronzegegenstände kann man braun färben, indem man sie mit einer Lösung von 4 Thln. Salmiak und 1 Thl. Kleesalz in 210 Theilen Essig mit einer weichen Bürste so lange reibt, bis das Metall ganz trocken geworden ist.

Auch ein Ueberzug von Schwefelkupfer wird benutzt, den Kupferwaaren ein antikes Aussehen zu geben. Derselbe lässt sich leicht hervorbringen, wenn man die Gegenstände in einem geschlossenen schwefelwasserstoffhaltigen Raume aufstellt, oder durch Eintauchen in Schwefelleberlösung.

### Patina.

Dieses schöne hellgrüne Product der Einflüsse von Jahrhunderten auf Bronzewaaren wird vielfach künstlich nachgeahmt, obschon es äusserst schwierig ist, einen das Auge des Kenners täuschenden Patinaüberzug auf chemischem Wege zu erzeugen. Man wendet zur Herstellung Säuren an, welche grüne Kupfersalze bilden; z. B. eine stark verdünnte Lösung von salpetersaurem Kupfer, mit sehr wenig Kochsalz versetzt, wird durch Betupfen mit einem Pinsel auf den Gegenstand aufgetragen; dieser alsdann abgebürstet und mit einer Lösung von 2 Thln. Kleesalz, 9 Thln. Salmiak, 190 Thln. Essig ebenfalls betupft und abgebürstet. Dieses Verfahren wird etwa acht Tage hinter einander mehrmals wiederholt.

### Irisiren.

Man versteht unter diesem Ausdrucke die Bildung eines dünnen Ueberzuges, aus oxydirtem Blei, Eisen oder Kupfer bestehend, von regenbogenartiger Färbung auf irgend einer Metallfläche, und nennt diese Metallfärbung auch Galvanochromie oder Metallochromie. Gewöhnlich benutzt man für dieselbe vergoldete Waaren aus Eisen, Messing oder anderen Metallen. Man hängt den vergoldeten Gegenstand in eine poröse Thonzelle, welche eine verdünnte alkalische Bleilösung enthält, und setzt diese Thonzelle in ein Glas mit ganz verdünnter Salpetersäure. In letztere taucht man ein Platinblech, welches mit dem negativen Pole einer schwachen Batterie in Verbindung steht. Der positive Pol endigt in einem Platindrahte, welchen man dem in die bleihaltige Lösung eingehängten Gegenstande nähert, ohne ihn zu berühren. Es lagert sich eine dünne Schicht von Bleisuperoxyd ab, welche die Regenbogenfarben erzeugt. Statt der Bleilösung kann man eine Lösung von Eisenoxydulammoniak benutzen, aus welcher oxydirtes Eisen abgelagert wird.

---

[1]) Dingler, Polytechnisches Journal, Bd. 224, S. 313 (Priwoznik).

## b. Durch Anstreichen, Firnissen, Lackiren, Bekleben, Asphaltiren.

Hierher gehören eine grössere Anzahl von Arbeiten, welche sämmtlich den Zweck haben, einen Schutz für den Metallgegenstand gegen die Einwirkung der Luft und Feuchtigkeit hervorzurufen, daneben aber selbstverständlich in solcher Weise ausgeführt werden sollten, dass der vollendete Gegenstand ein dem Auge möglichst wohlgefälliges Aeussere erhält. Bei der Mannigfaltigkeit der hierher gehörigen Mittel, ihrer Farben, ihres Glanzes u. s. w. ist in letzterer Hinsicht dem Geschmacke des Verfertigers ein weiter Spielraum gegeben; leider jedoch findet man noch häufig, dass dieser Geschmack nicht durch die allgemeinen Regeln des Aesthetischen geleitet, sondern allein von einer regellosen Willkür abhängig gemacht ist.

Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche versteht man unter der Bezeichnung „Anstrich" einen undurchsichtigen Ueberzug aus Farbe, welcher mit dem Pinsel aufgetragen wird und trocknet; Firnisse und Lacke dagegen sind mehr oder minder durchsichtige Ueberzüge, welche, sofern nicht darunter ein farbiger Anstrich gegeben ist, die Farbe des Metalls durchscheinen lassen. Man wird also Anstriche vorzugsweise in denjenigen Fällen wählen, wo die Farbe des Metalls unscheinbar ist oder überhaupt schon durch die vorausgegangene Bearbeitung verdeckt, mit Oxyden, Fett und dergleichen überzogen ist, so beim Eisen, Zink, Blei.

Ein Bekleben findet statt, um eine dünne Schicht eines andern Metalls (echte und unechte Gold- und Silberblättchen, Bronzepulver) mit Hülfe eines Bindemittels (Firniss) auf dem Arbeitsstücke zu befestigen und diesem dadurch das Ansehen von Gold, Silber, Bronze zu geben. Es ist dieses Verfahren also eine Vergoldung, Versilberung etc. mit Hülfe von klebenden Stoffen.

Asphaltiren nennt man die Herstellung eines Ueberzugs von Steinkohlentheer, bisweilen mit einigen anderen Substanzen vermischt, welcher ein ausserordentlich wirksames Schutzmittel gegen die Nässe bildet.

Um durch Anstreichen einen gegen die Einflüsse der Witterung schützenden Ueberzug hervorzubringen, ist ein mehrmaliges Auftragen der Farbe erforderlich, wobei der folgende Anstrich erst gegeben werden darf, wenn der darunter liegende völlig trocken geworden ist. Es ist hierbei nicht erforderlich, dass die zu unterst kommenden Anstriche dieselbe Farbe besitzen, als die oberen; man wählt vielmehr für die unteren Lagen — den Grund — gern solche Materialien, welche vorwiegend gegen Feuchtigkeit schützen und mit dieser Eigenschaft den Vortheil der Billigkeit verbinden; und erst mit dem letzten Anstriche giebt man die beabsichtigte Färbung. Zum Grundiren, d. h. zur Herstellung des Grundes, benutzt man Mennige, Blei- oder Zinkweiss, Eisenmennige

(fein präparirten Rotheisenstein), welche Farben mit Leinölfirniss angerieben werden[1]).

Die Farben, welche für die obere Lage des Anstrichs gebraucht werden, lassen sich ihrem Verhalten nach in zwei Gruppen theilen, welche man Deckfarben und Lasurfarben nennt. Die Deckfarben haben die Eigenschaft, die Farbe der darunter befindlichen Schicht durch ein- bis zweimaligen Anstrich völlig zu verdecken; hierher gehören z. B. Blei- und Zinkweiss, Diamantgrau (aus Graphit, Zinkweiss und Leinölfirniss bestehend), Kobaltblau, Oker, Terra Sienna, Umbra, Kasseler Braun, Chromgelb, Kadmiumgelb, Smaragdgrün, grüner Ultramarin, Blei- und Eisenmennige, Zinnober und sämmtliche schwarze Farben. Sie werden mit Leinölfirniss oder einem Gemische desselben mit Terpentinöl angerieben. Lasurfarben nennt man solche, welche auch in dickeren Lagen die Farbe der darunter liegenden Schicht durchscheinen lassen; hierher gehören Ultramarin, Berliner Blau, Indigo, brauner Krapplack, Indisch Gelb, Saftgrün, Karmin und rother Krapplack; sie werden mit Terpentinöl angerieben. Bei Anwendung vou Lasurfarben muss demnach schon von vornherein bei der Farbe des Grundes auf die durch den letzten Anstrich hervorzubringende Wirkung Bedacht genommen werden.

Hinsichtlich der Auswahl der Farben und Ausführung des Anstrichs möge vor Allem auf die Nothwendigkeit hingewiesen werden, dass derselbe mit dem Charakter des betreffenden Gegenstandes und seiner Construction harmonire. Wollte man z. B. eine schlanke gusseiserne Säule stein- oder holzfarbig anstreichen, so würde ein jeder Beschauer das Gefühl haben, dass eine Säule aus solchem Materiale in den Abmessungen des Gusseisens gefertigt ihren Zweck unmöglich erfüllen könnte; wohl aber könnte eine bronzene Säule dafür geeignet und ein Bemalen der Säule mit Bronzefarbe deshalb unter Umständen ganz am Platze sein. Für solche Fälle, wo eine künstlerische Bemalung ausgeschlossen ist und es sich nur darum handelt, ein dem Auge wohlthuendes Aeussere durch einen Farbenüberzug herzustellen, sind deshalb solche „gebrochene" Farben die geeignetsten, welche dem Gegenstande den Charakter als Metallwaaren bewahren; grau (Diamantfarbe), braun oder schwarz. Grelle Farben, besonders in grösseren Flächen, wirken niemals schön; abschreckende Beispiele hierfür liefern manche landwirthschaftliche Maschinen, bei welchen man mitunter grasgrüne Flächen obenein mit rothen Linien bemalt findet. Eine sehr lesenswerthe Abhandlung von Professor Dürre über das Bemalen der Gusswaaren findet sich in der Deutschen Industriezeitung, Jahrgang 1877, S. 5: „Die Herstellung äusserer Ueberzüge auf Gusseisen zum Schutze gegen Oxydation und Verzierung."

---

[1]) Leinölfirniss wird durch anhaltendes Kochen von Leinöl mit oxydirenden Substanzen (gewöhnlich Bleiglätte) dargestellt.

Ein Firnissüberzug wird entweder über einen Anstrich gegeben, wenn die Farbe selbst noch vor chemischen Einwirkungen geschützt werden soll (Leinölfirniss), oder wenn eine blanke Metallfläche einen durchsichtigen Ueberzug als Schutzmittel erhalten soll (Lösungen von Schellack, Mastix, Copallack in Weingeist).

Von dem Firnissen unterscheidet sich das Lackiren dadurch, dass bei letzterem zugleich ein gewisser Glanz hervorgerufen werden soll und zwar vorwiegend auf schon bemalten Gegenständen (Blechwaaren etc.). Die Farbe für den Anstrich wird hierbei in Copal- oder Bernsteinfirniss (durch Kochen von Copal- oder Bernsteinlack mit Leinölfirniss und Vermischen mit Terpentinöl hergestellt) gerieben und der Anstrich nach dem Trocknen mit reinem Copallack überzogen, dann mit feinem Bernsteinpulver geschliffen und schliesslich polirt.

Zur Vergoldung und Versilberung der Metallwaaren mittelst aufgeklebten Blattgoldes und Blattsilbers erhalten dieselben zunächst einen nochmaligen Ueberzug von Firniss oder von mit Firniss geriebener Farbe. Für dauerhafte Ueberzüge von Gegenständen, welche im Freien aufgestellt werden (Thurmknöpfe, Gitter etc.), wird gewöhnlich ein dreimaliger Anstrich gegeben. Auf den letzten Anstrich legt man, bevor er ganz trocken geworden ist, die Metallblättchen auf und drückt sie mit Baumwolle an.

Das sogenannte Asphaltiren findet seine hauptsächlichste Anwendung zur Herstellung eines Ueberzuges für gusseiserne Gas- und Wasserleitungsröhren. Den dazu benutzten Steinkohlentheer, wie er von den Gasanstalten geliefert wird, dickt man durch Einkochen ein, bis er in der Kälte eine zähe, klebrige Masse bildet, in der Siedhitze aber flüssig bleibt. Ein geringer Zusatz gebrannten Kalkes beim Einkochen beschleunigt dasselbe und giebt dem Theere einen eigenthümlichen Glanz; ein zu starker Zusatz hat aber die Folge, dass der Theer schwerer erstarrt und beim Erwärmen wieder klebrig wird. Der zu überziehende Gegenstand wird stark erhitzt (auf circa 300 Grad), in den Theer eingetaucht, dann der anhaftende Theer mit einer Bürste verrieben und der Gegenstand zum Abkühlen und Trocknen aufgestellt. Oder man erhitzt den Theer zum Sieden und taucht den kalten Gegenstand ein. Als Schutz gegen Nässe dürfte das erstere Verfahren vorzuziehen sein, da wohl anzunehmen ist, dass bei dem erhitzten Gegenstande der Theer besser in die Poren eindringe, als bei dem kalten.

### c. Durch Emailliren.

Emaille oder Schmelzglas nennt man ein Silicat, welches, bei einer niedrigeren Temperatur schmelzbar als das Metall, auf der Oberfläche desselben durch Aufschmelzen haftbar gemacht wird, so dass es nach dem Erkalten einen glasartigen Ueberzug für die Metallfläche bildet. Die Emaille wird demnach ebensowohl als Schutz für gewisse

Metallgegenstände gegen Einwirkungen benutzt, welche das Metall angreifen würden, der Glasmasse aber nichts anhaben können — hierher gehören insbesondere Kochgeschirre aus Eisen —, als auch zur Verschönerung von Schmucksachen und dergleichen.

Die Haupterfordernisse einer guten Emaille sind demnach folgende:

Sie muss fest an der Oberfläche haften und auch Temperaturveränderungen ertragen, ohne abzuspringen. Hierzu ist erforderlich, dass ihre Ausdehnung durch die Wärme derjenigen des Metalls möglichst gleich sei. Auch geringe Stösse und Erschütterungen muss sie, ohne sich loszulösen, vertragen können und darf deshalb nicht zu spröde sein.

Sie muss widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse sein und darf vor Allem, wenn sie für culinarische Zwecke bestimmt ist, keine gesundheitsgefährlichen Bestandtheile enthalten. Diese letzte Bedingung ist, wenn die ersten Bedingungen erfüllt werden, eine schwierige Klippe für das Gelingen des Emaillirens; und es folgt hieraus, dass die Emaillirung im Allgemeinen weniger Schwierigkeiten bietet, wenn sie nur als verschönernde Arbeit für Gegenstände dient, die weder grossen Temperaturschwankungen unterworfen sind, noch mit chemischen Agentien in Berührung gelangen, also für Schmucksachen, Zifferblätter u. s. w., als wenn sie Kochgeschirre und ähnliche Geräthe schützen soll, wobei alle jene Bedingungen erfüllt werden müssen.

Bei der Anwendung zu Schmucksachen ist neben dem festen Haften am Metalle eine schöne Farbe und Glanz die Hauptbedingung. Häufig stellt man Emaillen von mehreren Farben zu geschmackvollen Zeichnungen zusammen.

Das Verfahren in diesen Fällen besteht im Wesentlichen darin, dass man die feingepulverte Emaillemasse, mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt, auf die Metalloberfläche mittelst eines Pinsels in gehöriger Stärke aufträgt, trocknet und schliesslich mit dem Metalle so stark erhitzt, bis es eine geschmolzene Decke bildet, worauf es langsam abgekühlt wird.

Als Hauptbestandtheil aller Emaillen dient ein durchsichtiges, leicht flüssiges Glas, am leichtesten herstellbar durch Zusammenschmelzen von Quarzpulver mit kohlensauren Alkalien und Bleioxyd; wegen der Gesundheitsgefährlichkeit des Bleies aber in dieser Form nicht für alle Zwecke benutzbar und deshalb häufig statt desselben oder doch neben demselben andere kieselsaure Verbindungen (Thonerde, Kalkerde etc.) enthaltend. Soll die Emaille undurchsichtig werden, so fügt man Zinnoxyd hinzu, welches dieselbe zugleich weiss färbt. Quarz und Zinnoxyd machen die Masse schwerflüssig und hart; Bleioxyd erhöht die Leichtflüssigkeit, aber verringert die Härte; in solchen Fällen, wo Blei nicht anwendbar ist, lässt sich auch durch Zusatz von Borax der Schmelzpunkt erniedrigen, wodurch aber zugleich die Sprödigkeit gesteigert wird. Um blaue Emaille zu erzeugen setzt man Kobaltoxyd zu; für gelbe Emaille antimonsaures Kali; für grüne Emaille Kupferoxyd oder Chromoxyd; für Roth Eisenoxyd,

Kupferoxydul oder Goldpurpur; für Violett Braunstein; für Schwarz Hammerschlag mit Braunstein.

Das ganze Gemisch wird im Tiegel — wie unten ausführlicher beschrieben werden wird — geschmolzen, nach dem Erkalten gemahlen, mit Wasser angerührt, in Breiform auf die Metallfläche aufgetragen und durch Erhitzung geschmolzen.

Schmucksachen, welche emaillirt werden sollen, versieht man da, wo die Emaille aufhören oder mit einer anders gefärbten Emaille abwechseln soll, mit einem schwach aufstehenden Rändchen. Am besten eignet sich feines oder 20-karätiges Gold zum Emailliren. Auf kupferhaltigem Golde, Silber und Bronze lassen sich nur undurchsichtige Emaillen in bestimmten Farben anwenden, weil manche Emaillen ihre Farben in Berührung mit den genannten Metallen verändern.

Für das Anhaften der Emaille ist eine reine Metalloberfläche Hauptbedingung. Man glüht deshalb die Goldwaaren vorher, beizt sie in Salpetersäure ab, spült sie mit Wasser und trocknet sie. Die Emaille wird mit Wasser zu einem zarten Brei angerührt und dann mit einem Pinsel in die flachen Vertiefungen eingetragen, welche durch die erwähnten Ränder gebildet werden. Zunächst werden die Gegenstände nun mit der aufgetragenen Emaille zur Verflüchtigung des Wassergehaltes vorsichtig bei niedriger Temperatur getrocknet und dann zur Rothgluth erhitzt, um die Emaille zu schmelzen. Diese Erhitzung zum Schmelzen heisst Einbrennen. Da es von grosser Wichtigkeit ist, das Absetzen von Staub, Asche u. s. w. auf der schmelzenden Emaille zu verhüten, so bedient man sich eines Muffelofens als Einbrennofen.

Die Emaille hinterbleibt nun als ein glänzender, harter und glatter Ueberzug. Bei feinen Gegenständen feilt man die Oberfläche mit einer feinen, in Wasser getauchten Feile ab oder schleift sie mit feinem Sandstein und Wasser und bringt sie nochmals ins Feuer, um durch Erweichung der Oberfläche Glanz hervorzubringen.

Will man Malereien auf einer bestimmten, gewöhnlich weissen, Grundfarbe anbringen, so brennt man zuerst den Grund ein und benutzt für die Malerei eine leichter schmelzbare Emailfarbe, welche mit einem zarten Pinsel aufgetragen wird.

Verwandt mit der Emaille für Schmucksachen ist das sogenannte Niello auf Silberwaaren, in einer schwarzen Ausfüllung vertiefter Linien bestehend. Diese schwarze Masse wird aus einer Schmelze von Silber, Kupfer, Blei, Wismuth und Schwefel hergestellt, wie die Emaille gepulvert, aufgetragen und eingebrannt[1]). Man giebt den in solcher Weise verzierten Gegenständen nach ihrem Hauptanfertigungsorte in Russland den Beinamen Tula (Tuladosen etc.).

---

[1]) Nach einer Mittheilung in Dingler's Polytech. Journal, Bd. 228, S. 282, ist die Zusammensetzung folgende: 9 Thle. Silber, 1 Thl. Kupfer, 1 Thl. Blei, 1 Thl. Wismuth geschmolzen und mit Schwefel gesättigt.

Weit weniger einfach gestaltet sich das Verfahren der Emaillirung, wenn die Emaille Temperaturveränderungen und chemischen Einflüssen widerstehen muss, also beim Emailliren schmiedeeiserner und gusseiserner Geschirre.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass, wie schon erwähnt wurde, ein Bleigehalt emaillirter eiserner Geschirre von den in den Geschirren gekochten Speisen aufgenommen wird; dadurch wird die Anwendung jenes reichlichen Zusatzes an Bleioxyd unmöglich; der Bleigehalt aber bewirkte zum grossen Theile die Leichtflüssigkeit der Emaille. Man muss also den Bleigehalt durch andere Körper zu ersetzen suchen, welche gleichfalls ein leichtschmelziges und dabei nicht sprödes Silicat liefern. Es kommt aber hinzu, dass das emaillirte Geschirr bei jeder Verwendung einer, und zwar oft sehr ungleichen, Temperaturveränderung und dadurch Ausdehnung ausgesetzt ist, welche ein sofortiges Abspringen der Emaille zur Folge haben würde, wenn dieselbe nicht befähigt ist, der Ausdehnung und Zusammenziehung des Eisens zu folgen.

Wollte man eine durch Zusatz von Zinnoxyd weisse Emaille von der Leichtflüssigkeit, wie sie zum Verglasen erforderlich ist, unmittelbar auf das Eisen auftragen, so würde einestheils unter der Einwirkung des im Eisen stets vorhandenen Kohlenstoffs ein Reductionsprocess auf das Zinnoxyd eingeleitet werden, die Emaille würde ihre weisse Farbe verlieren und durch Entweichen von Kohlenoxyd löcherige Textur bekommen; sie würde aber auch nicht Zähigkeit genug besitzen, bei der oft starken Erhitzung des Metalls ihren Zusammenhang mit dem Eisen zu behalten, sie würde abspringen.

Hieraus entsteht die Nothwendigkeit für die Emaillirung eiserner Geschirre, zwei verschieden schmelzbare Emaillen über einander anzuwenden und eine nach der andern aufzutragen. Zu unterst kommt der strengflüssige Grund oder die Grundmasse, welche auch bei Rothgluth nur sintert, ohne dünnflüssig zu werden, und frei von Zinnoxyd ist; darüber kommt die eigentliche Emaille, die sogenannte Deckmasse, leichtschmelzig und für Kochgeschirre bleifrei.

Die richtige Zusammensetzung des Grundes, die Stärke, in welcher er aufgetragen wird, und die Hitze, welcher er ausgesetzt wird, giebt in erster Reihe den Ausschlag für das Gelingen der Emaillirung auf Eisen. Die chemische Zusammensetzung desselben entspricht einem Thonerdesilicate mit 65 bis 75 Proc. Kieselsäure, daneben Borsäure, Alkalien, Kalkerde und gewöhnlich Magnesia enthaltend; auch wo es angeht, d. h. wo nicht gerade Kochgeschirre emaillirt werden, Bleioxyd. Die Borsäure und das Bleioxyd haben den schon erwähnten Zweck, die allzu grosse Strengflüssigkeit des Thonerdesilicats zu mindern, wobei das Bleioxyd zugleich in erheblichem Maasse die Sprödigkeit mildert; Alkalien erniedrigen gleichfalls den Schmelzpunkt; Magnesia soll das Anhaften am Eisen erleichtern; der Zweck der Kalkerde ist wohl nur der, die Anzahl der Basen im Silicate überhaupt zu vermehren, wodurch in gün-

stigerer Weise als durch einen übergrossen Gehalt von Borsäure oder Alkalien die Strengflüssigkeit vermindert wird. Als Rohmaterialien für Bereitung der Grundmasse pflegen demnach Quarzpulver, Feldspath (Kieselsäure, Thonerde und Alkalien enthaltend), Borax, wo es angeht Bleioxyd, und in geringen Mengen Kalkspath oder Kreide und Magnesia zu dienen. Ist Feldspath nicht in entsprechender Beschaffenheit zu erhalten, so ersetzt man ihn durch möglichst reinen Thon und eisenfreie Soda. Als Entfärbungsmittel für zufällig gegenwärtige Metalloxyde und zur Zerstörung zufällig gegenwärtiger organischer Körper dient endlich ein Zusatz von Salpeter (bei Bereitung des Grundes weniger wichtig als für die Deckmasse und daher in der Grundmasse häufig fehlend). Diese Materialien werden in einer mit feuerfester Masse ausgestrichenen eisernen Pfanne, ungefähr 200 Mm. weit, 130 Mm. hoch, welche über einer Rostfeuerung oder auch in Eisenmuffeln erhitzt wird, geschmolzen, bis man mit einem spitzen Eisenstabe, ohne Widerstand zu fühlen, bis auf den Boden stechen kann. Man lässt erkalten, zerklopft die erstarrte Masse in einem Pochwerke oder mit Hämmern zu Haselnussgrösse und zermahlt sie schliesslich in einer Mühle, gewöhnlich aus zwei harten horizontal liegenden Sandsteinen gebildet, deren unterer in einem Holzbottich mit Cement gut vergossen ist, während der obere, der Läufer, vermittelst einer schmiedeeisernen senkrechten Welle auf dem ersteren gedreht wird[1]).

Die Masse wird so lange gemahlen, bis man zwischen Daumen und Zeigefinger keine scharfen Bestandtheile mehr spürt, dann wird sie durch ein Haarsieb gesiebt und zum Gebrauche aufbewahrt (Beispiele für die Herstellung der Grundmasse folgen unten).

Die leichtschmelzigere Deckmasse oder „Glasur" besteht aus einem Silicate mit 25 bis 45 Proc. Kieselsäure, daneben Borsäure, Alkalien, Zinnoxyd (um sie undurchsichtig zu machen) beziehentlich auch Bleioxyd, Kalkerde, Magnesia enthaltend. Die qualitative Zusammensetzung ist demnach im Wesentlichen nur durch den Gehalt an Zinnoxyd von derjenigen der Grundmasse unterschieden, quantitativ aber unterscheidet sie sich von dieser vornehmlich durch den geringern Kieselsäure- und Thonerdegehalt. Als Rohmaterialien dienen daher die auch für die Grundmasse benutzten Körper, daneben Zinnoxyd (Zinnasche), bisweilen Zinkoxyd als Ersatz des Bleioxyds, ferner Knochenmehl (durch seinen Phosphorsäuregehalt den Schmelzpunkt erniedrigend), Flussspath, Kryolith ($Na_6 Al_2 Fl_{12}$), welche letztgenannten beiden Körper durch ihren

---

[1]) In Rücksicht auf die Strengflüssigkeit der Grundmasse schmilzt man in der Pfanne gewöhnlich, wie aus den unten gegebenen Beispielen hervorgeht, nur einen Theil der Kieselsäure mit den alkalihaltigen Salzen oder Mineralien zusammen, in solcher Weise zunächst ein leichtflüssigeres Silicat bildend, welches dann erst beim Mahlen mit dem Reste der Kieselsäure, sämmtlichem Thone und gewöhnlich auch einem Theile der Magnesia (welche dem Silicate eine zähe, kleistrige Consistenz giebt) auf mechanischem Wege innig gemischt wird.

Fluorgehalt ebenfalls stark erniedrigend auf den Schmelzpunkt einwirken.

Zum Schmelzen der für die Glasur dienenden Materialien benutzt man nicht jene flachen Pfannen wie zur Grundmasse, sondern feuerfeste

Fig. 566.

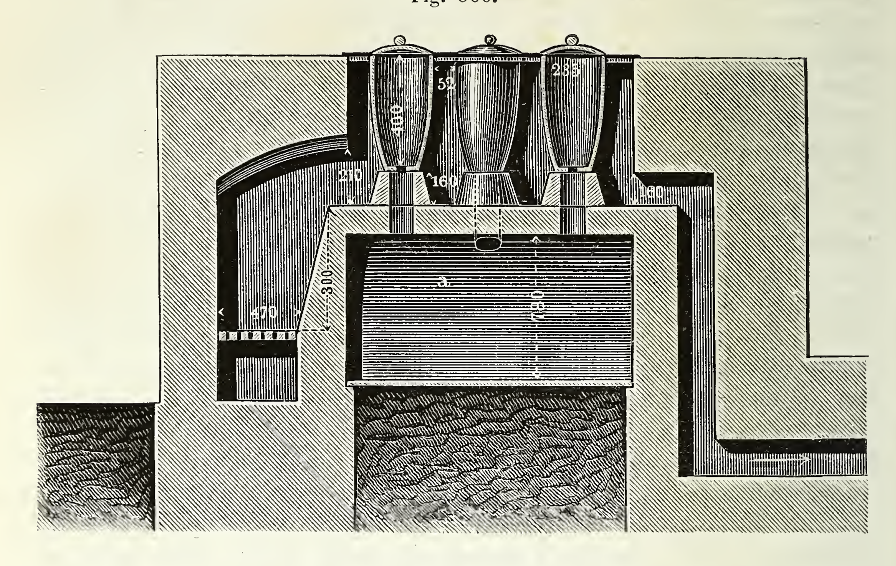
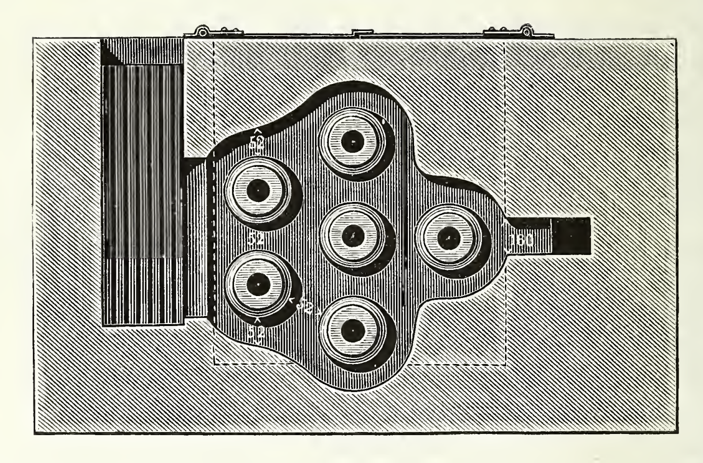



Fig. 567.




(hessische) Tiegel mit einer kleinen, 5 bis 10 mm weiten Oeffnung im Boden. Die Tiegel werden, nachdem sie gefüllt sind, in einen Ofen eingesetzt, welcher in den Figuren 566 und 567 abgebildet ist. Derselbe pflegt zur Aufnahme von circa sechs Tiegeln eingerichtet zu sein. Die Tiegel stehen auf einem aus feuerfesten Ziegeln erbauten Gewölbe; der Schmelz-

raum ist oben durch eine gusseiserne, unten mit feuerfester Masse verkleidete Platte abgedeckt mit eingegossenen Oeffnungen, aus welchen die Köpfe der Tiegel hervorragen. Die Bodenöffnung der Tiegel setzt sich durch das Gewölbe fort und mündet in einen unterhalb desselben befindlichen Raum *a*, welcher nach aussen von einer Seite her zugänglich ist, mit einer gusseisernen Thür während des Schmelzens verschlossen gehalten wird, um den Zutritt frischer Luft durch die Canäle unmöglich zu machen, und dessen Boden mit gusseisernen Platten abgedeckt ist. In diesem Raume sammelt sich die Emaille, wenn sie in den Tiegeln zum Schmelzen erhitzt worden ist und nun durch die Bodenöffnungen hindurchtropft. Um den Fuss der Tiegel möglichst warm zu halten, stehen dieselben auf 160 mm hohen Chamotteuntersätzen und die Feuerungsgase ziehen durch einen engen Canal unmittelbar über der Herdsohle ab. Die Tiegel sind etwa 400 mm hoch und an der obern Mündung 200 bis 250 mm weit.

Nach dem Schmelzen und Erkalten wird die Emaille zerklopft, wie die Grundmasse gemahlen und zum Gebrauche aufgehoben.

### Beispiele für die Herstellung der Grund- und Deckmasse[1]).

1. Für Emaillirung, bei welcher ein Bleigehalt zulässig ist, findet man die Bereitung der Grundmasse folgendermaassen angegeben:

| | | |
|---|---|---|
| 30 | Theile | Quarzmehl, |
| 16½ | „ | Borax, |
| 3 | „ | Bleiweiss |

werden geschmolzen, gemahlen und dabei mit 9 Theilen Quarzmehl, 8⅔ Theilen geschlämmtem Thon und ½ Theil Magnesia innig gemischt.

Als Deckmasse hierfür dienen:

| | | |
|---|---|---|
| 37½ | Theile | Quarzmehl, |
| 24 | „ | Borax, |
| 25 | „ | Zinnoxyd, |
| 15 | „ | Bleiweiss, |
| 10¼ | „ | Soda, |
| 10 | „ | Salpeter, |
| 5 | „ | Magnesia. |

Diese Bestandtheile werden geschmolzen und gemahlen.

---

[1]) Die mitgetheilten Beispiele sollen nicht etwa als allgemein anwendbare Recepte gelten, sondern lediglich einen Ueberblick über das Verfahren im Allgemeinen bei der Herstellung der Grund- und Deckmasse geben. Für alle Fälle gültige Vorschriften lassen sich schon aus dem Grunde nicht geben, weil die chemische Zusammensetzung der verwendeten Rohstoffe (Feldspath, Thon etc.) nicht überall die gleiche ist; dann auch, weil Arbeitsstücke aus verschiedenem Materiale eine verschiedene Beschaffenheit der Emaille verlangen; schmiedeeiserne eine andere als gusseiserne, selbst die verschiedenen Gusseisensorten bisweilen Abweichungen in der Bereitung der Emaille erheischen

2. In der Königin-Marienhütte schmilzt man zur Herstellung der Grundmasse für bleifreie Emaille zunächst 75 Theile feinen weissen Sand, 45 Theile Borax, 1 Theil Magnesia zusammen, pulvert die geschmolzene Masse und mischt 30 Theile der Schmelze mit 20 Theilen Sand und 10 Theilen Thon. Dieses Gemisch wird längere Zeit mit Wasser gekocht, dann im feuchten Zustande gemahlen, während des Mahlens noch mit $^1/_4$ Theil Magnesia versetzt und gesiebt [1]).

Die Deckmasse besteht aus 30 Theilen Feldspath, 18 Theilen Zinnoxyd, 22 Theilen Borax, 10 Theilen Soda, 6 Theilen Salpeter, 2 Theilen Magnesia. Man schmilzt, pocht und mahlt die Masse und kocht sie dann unter Zusatz von 7 Theilen Thon und $^1/_2$ Theil Magnesia mit Wasser, worauf sie zum Gebrauche fertig ist.

3. In der Emaillirwerkstatt für gusseiserne Geschirre von Ph. Waagner in Meidling bei Wien wendet man zwei Sorten von Emaille und demnach auch zwei Sorten von Grundmasse an.

Die Grundmasse Nr. 1 wird folgendermaassen bereitet. Man mischt in möglichst zerkleinertem Zustande:

55 Theile Quarz,
40 „ Borax,
5 „ Soda;

siebt diese Mischung mehrere Male und schmilzt sie. Nach dem Erkalten wird die Schmelze gestampft, fein gesiebt und dann:

66 Theile der Schmelze, gemischt mit
21 „ Quarz,
13 „ Thon,

mit Wasser angerührt, bis zur Verdunstung des Wassers gekocht und dann gemahlen. Während des Mahlens setzt man 1,2 Proc. Magnesia zu, welche in Wasser angerührt ist. Die gemahlene und fein gesiebte Masse ist nun für den Gebrauch fertig.

Zur Herstellung der für diese Grundmasse bestimmten Emaille schmilzt man:

36 Theile Feldspath, 18 Theile Quarz, 16 Theile Borax, 20 Theile Soda, 2 Theile Thon, 2 Theile Kryolith, 2 Theile Magnesia, 1 Theil Salpeter, 3 Theile Knochenmehl, nachdem sie zuvor mehrere Male gesiebt worden sind, pocht, mahlt und mischt 93 Theile der geschmolzenen Masse mit $4^1/_2$ Theilen Zinnoxyd, 2 Theilen Zinkoxyd, $^1/_2$ Theil Soda; dieses Gemisch wird anhaltend gemahlen, mit Wasser angerührt, in diesem nassen Zustande durch ein feines Haarsieb gegossen und mit $^1/_2$ Theil Salpeter, welcher in Wasser gelöst ist, versetzt. Nach 24-stündigem ruhigen Stehen giesst man das überstehende Wasser behutsam ab und setzt dann so viel concentrirte Sodalösung in Wasser zu, bis die Masse, wenn sie über ein glattes Stück Holz gegossen wird, in einer für das Emailliren

---

[1]) Vergleiche die Anmerkung auf S. 787.

geeigneten Stärke daran haften bleibt, sich gleichmässig vertheilt und nach einigem Hin- und Herschwenken des Holzes nicht mehr fliesst. Die Masse ist alsdann zum Auftragen fertig.

Für die Emaille Nr. 2, welche leichtschmelziger, zinnreicher, undurchsichtiger, aber dadurch auch kostspieliger ist, stellt man die Grundmasse her durch Schmelzen von 60 Theilen Quarz, 20 Theilen Borax, 6 Theilen Feldspath, 4 Theilen Salpeter, 3 Theilen Kreide, 7 Theilen Soda. Nach dem Schmelzen gepocht, gemahlen und mit $1/9$ des ganzen Gewichtes Thon vermengt. Die Emaille Nr. 2 wird zusammengesetzt aus: 42 Theilen Feldspath, 30 Theilen Borax, 12 Theilen Soda, 2 Theilen Salpeter, 1 Theil Kreide, 13 Theilen Zinnoxyd. Man siebt die Bestandtheile, schmilzt sie in Tiegeln mit nur 3 mm Bodenöffnung und verfährt im Uebrigen ganz wie bei der Emaille Nr. 1.

4. Die Herstellung einer dauerhaften Emaille auf Blechgefässen ist in Folge des Umstandes schwieriger, dass das Blech sich beim Erwärmen stärker ausdehnt, beim Erkalten stärker zusammenzieht als das Gusseisen und ausserdem leichter als dieses dem Verbiegen ausgesetzt ist. Man steigert also den Ausdehnungscoefficienten der Grundmasse und Emaille durch grössern Zusatz an Borax[1]) und trägt die Emaille dünner auf als bei Gusseisen.

Nach Kerl beträgt die durchschnittliche Zusammensetzung der Grundmasse für Blech: 20 Theile Quarz, 33 Theile Flussspath, 42 Theile Borax, 5 Theile Salpeter; der Deckmasse: 33 Theile Feldspath, 35 Theile Borax, 7 Theile Soda und 25 Theile Zinnoxyd.

## Das Arbeitsverfahren beim Emailliren.

Das zu emaillirende Gefäss wird mit Bürsten und scharfem Sande ausgewaschen, eine Zeit lang in kochendes Wasser gehalten und rasch getrocknet, um Rostbildung zu vermeiden, welche stets ein Misslingen des Processes zur Folge hat. Ein Beizen mit Säure, welches in vielen Lehrbüchern als nothwendig angegeben wird, ist nicht allein überflüssig, sondern würde auch das Haften der Grundmasse am Eisen erschweren.

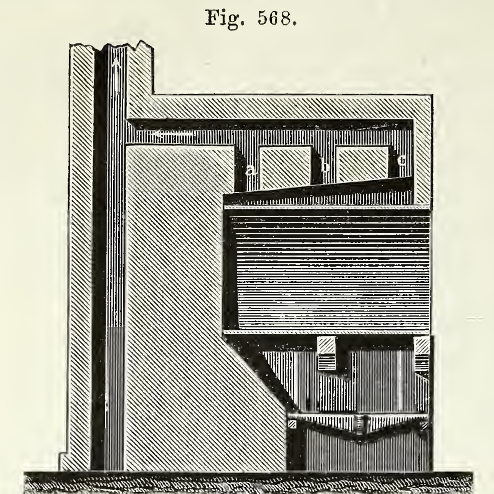
Dann wird der Grund aufgetragen. Man giebt zuerst eine kleine Menge der mit Wasser zur Consistenz einer dicken Suppe angerührten Masse in das Gefäss und reibt es mit einer scharfen Haarbürste in die Poren des Eisens ein; dann schüttet man eine grössere Menge nach, schwenkt das Gefäss einige Male um und lässt das Ueberschüssige unter fortwährendem Drehen des Gefässes ablaufen. Der Grund muss sehr dünn aufgetragen werden und deshalb reichlich genug mit Wasser vermischt sein. Ist er zu dick, so bröckelt er bald ab, oder bildet beim Erstarren der Emaille dicke Blasen.

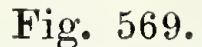
---

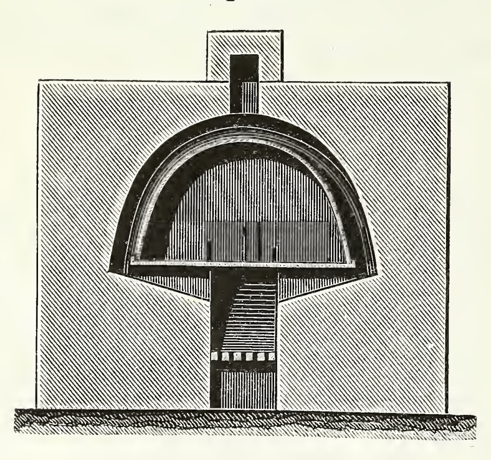
[1]) Ein allzu reichlicher Gehalt der Emaille an Borsäure steigert nach Früherm die Sprödigkeit.

Die mit der feuchten Grundmasse überzogenen Gefässe werden nun zunächst an einem warmen Orte aufgestellt, um das Wasser zu verflüchtigen; wenn dieses geschehen und die aufgetragene Grundmasse völlig trocken geworden ist, kommen sie in den Glühofen, um auf helle Rothgluth erwärmt zu werden. Man benutzt dazu einen Muffelofen, Fig. 568 bis 570 mit gusseiserner circa 18 mm starker Muffel, die auf einer 30 bis 40 mm starken Bodenplatte ruht. Die Breite der Muffel pflegt 800 bis 1200 mm, ihre Länge 1200 bis 1400 mm zu sein. Vorn ist sie durch eine Doppelthür geschlossen, hinten stösst sie stumpf gegen die Mauer. Die Bodenplatte liegt vorn auf der Brustmauer, ist in der Mitte durch einen gemauerten Bogen gestützt und ruht hinten auf der Rückmauer. Die Einrichtung der Feuerzüge ist aus den Abbildungen ersichtlich. Für den Betrieb im Grossen und Benutzung von geringwerthigem Brennmateriale hat man mit Erfolg Regenerativfeuerung eingerichtet; die Regeneratoren liegen unter den Muffeln, und die Flamme schlägt von unten empor über die Muffeln hinweg.

Fig. 568.




Fig. 569.

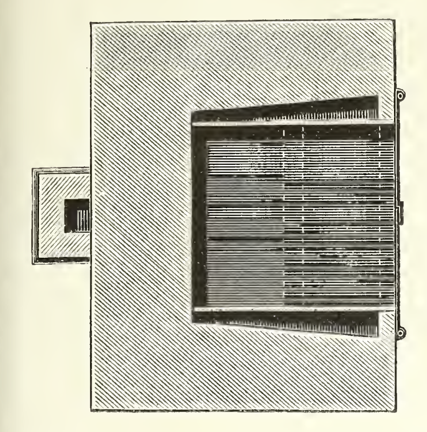


Das Einbrennen dauert, wenn der Ofen heiss ist, 10 bis 20 Minuten. Der eingebrannte Grund muss nach dem Erkalten eine gelblich weisse Farbe zeigen; ist er braun oder schwarz geworden, so war die Hitze zu gross und es haben sich Eisenverbindungen gebildet. Er darf nicht geschmolzen, sondern nur gesintert sein; dagegen muss er so fest haften, dass man mit einer scharfen Haarbürste nicht im Stande ist, ihn ab-

zuscheuern. Lässt er sich ganz oder theilweise abreiben, so war entweder die Hitze zu niedrig oder er war zu dick aufgetragen.

Wenn die Prüfung ergeben hat, dass der Grund gelungen ist, folgt das Auftragen der Deckmasse. Man feuchtet die Oberfläche des Grundes mit einem Schwamme leicht an und trägt dann die tüchtig umgerührte Flüssigkeit auf, indem man mit einem Holzlöffel davon in das Gefäss schöpft, dieses einige Male umschwenkt und dann das Ueberschüssige ablaufen lässt. Dann wird das Gefäss getrocknet, erst langsam, dann stärker, bis ein darauf fallender Wassertropfen zu sieden beginnt, und kommt dann abermals in den Muffelofen, um auf Rothgluth erhitzt zu werden, was bei kleineren Gegenständen ebenfalls binnen 10 bis 20 Minuten beendet zu sein pflegt. Alsdann folgt eine nicht zu beschleunigte Abkühlung und damit ist der Emaillirungsprocess beendet.

Fig. 570.



Eine gute brauchbare Emaille muss nach dem Auftragen und Trocknen, aber vor dem Brennen so weich sein, dass sie mit dem Finger abgerieben werden kann, nach dem Brennen dagegen vollständig fest sein, keine Blasen zeigen, muss sich erhitzen lassen und Stösse aushalten, ohne abzuspringen.

Die emaillirten Töpfe werden gewöhnlich, so lange sie noch warm sind, an der Aussenseite mit Theer geschwärzt (vergl. S. 783) und sind dann fertig zum Verkaufe.

# Zweiter Theil.

# Beispiele aus der speciellen Technologie.

---

## Die Schrotgiesserei.

Unter dem Ausdrucke „Schrot" versteht man bekanntlich die kleinsten für Schusswaffen benutzten Kugeln, von denen mehrere oder viele zusammen in ein Rohr geladen werden. Der Grösse nach unterscheidet man eine grössere Anzahl Nummern, deren kleinste Sorte „Vogeldunst" heisst.

Die Anfertigung dieses Schrots erfolgt durch Giessen; sie ist dadurch merkwürdig, dass eine eigentliche Gussform dabei nicht benutzt wird, sondern dass lediglich die Eigenschaft flüssiger Körper, Kugelstalt anzunehmen, sobald sie fremden Einflüssen entzogen sind, die Formgebung bewirkt. Es kommt bei der Schrotgiesserei also darauf an, das flüssige Metall tropfenweise von einer solchen Höhe frei herabfallen zu lassen, dass es erstarrt unten anlangt.

Als Material dient eine Legirung von Blei mit etwas Arsen, welches letzteres die Kugelbildung befördert. Das Blei wird im Kessel geschmolzen und das Arsen gewöhnlich in Form von rothem Schwefelarsen (Realgar) oder auch von weissem Arsen (Arsenigsäureanhydrit), letzteres mit Holzkohle gemischt und zur Vermeidung von Verflüchtigung in Papier eingewickelt, zugesetzt. Arsen wird reducirt und legirt sich mit dem Blei. Man rechnet bei dem feinsten Schrote einen Arsengehalt von circa 0,2 Proc., bei mittelfeinem von 0,3 Proc., bei dem gröbsten von 0,35 Proc. Bei einem zu geringen Arsengehalte erhalten die Kügelchen Vertiefungen (Aussaugungen; vergl. S. 99) oder werden auf einer Seite platt; bei zu reichlichem Arsengehalte werden sie linsenförmig.

Je gröberes Schrot man herstellen will, eine desto beträchtlichere Fallhöhe muss man zur Verwendung haben, damit die langsamer abkühlenden Metalltropfen nicht etwa flüssig den Boden erreichen. Während für die feinsten Schrote eine Fallhöhe von 4 m genügend ist, wendet man für gröbere Sorten Höhen von 40, 50 m und darüber an. Um nicht in der Anfertigung der verschiedenen Schrotnummern beschränkt zu sein, wird man meistens eine auch für die gröbsten Nummern ausreichende Fallhöhe herrichten.

Diese Fallhöhe lässt sich nun in zweierlei Weise erlangen. Entweder man errichtet über dem Erdboden einen Thurm mit einer Bühne in entsprechender Höhe, von welcher aus das Giessen erfolgt, im Innern mit Treppe und einfachem Aufzuge versehen, um auf die Bühne gelangen und die Schmelzmaterialien hinaufschaffen zu können (z. B. Schrotthurm zu Villach in Kärnthen von 74 m Höhe), oder man benutzt, wie bei der Freiberger Schrotfabrik, einen Schacht unter der Erde. Letztere Einrichtung lässt, sofern in bergbautreibender Gegend die Mitbenutzung eines für den Bergbau angelegten Schachtes zu ermöglichen ist, nicht allein die erheblichen Anlagekosten des Thurms ersparen, sondern gewährt daneben auch den Vortheil einer gleichmässigern Temperatur während Sommers und Winters und einer bequemern Arbeit beim Herbeischaffen der Materialien und beim Schmelzen.

Zur Vertheilung des Metalls in Tropfen dient ein Sieb mit eisernem Rahmen — „Schrotform“ genannt —, welches in der Mitte oberhalb der Fallöffnung aufgestellt wird. Die Löcher desselben müssen beträchtlich kleiner sein als der Durchmesser der herzustellenden Schrotkörner; und obschon die bei Benutzung einer und derselben Schrotform entstehenden Körner ziemlich verschieden im Durchmesser auszufallen pflegen, muss man doch eine Anzahl Formen mit verschieden grossen Löchern in Bereitschaft halten, um sie zu benutzen, je nachdem vorzugsweise diese oder jene Nummer hergestellt werden soll.

Das Arbeitsverfahren beim Giessen ist sehr einfach. Wenn das Metall geschmolzen ist (wobei eine allzu gesteigerte Temperatur vermieden werden muss, weil sonst statt der Kugeln längliche Tropfen entstehen), wird es mit einer Kelle aus dem Kessel geschöpft und in die bereit gestellte, vorher mit Lehmwasser ausgestrichene und getrocknete Schrotform geschüttet. Es entsteht ein förmlicher Metallregen und die niederfallenden Körner werden, um Verluste zu vermeiden, im Erdgeschosse des Thurms oder auf der Schachtsohle in einem weiten, mit Wasser gefüllten Gefässe aufgefangen. Bisweilen setzt man dem Wasser eine geringe Menge von Schwefelkalium zu, wodurch ein gegen Oxydation schützender Ueberzug von Schwefelblei gebildet wird.

Nach beendigtem Giessen werden die Schrotkörner in Beutelsäcken aus dem Wasser herausgeholt und in gelinder Wärme getrocknet. Es kommt nun zunächst darauf an, die entstandenen unrunden Körner, welche den Ausschuss bilden und wieder eingeschmolzen werden, von den

runden zu trennen. Hierzu dient eine sehr einfache Vorrichtung. Eine glatte Tafel aus Holz oder Gusseisen, circa 750 mm lang, 300 mm breit, wird auf dem Tische vor dem Arbeiter in etwas geneigter Lage aufgestellt und eine entsprechende Menge Schrot an dem obern Rande desselben aufgeschüttet. Die runden Körner rollen die schiefe Ebene hinab und werden in einem bereit stehenden Kasten gesammelt, die flachen bleiben liegen.

Nun folgt das Sortiren der brauchbaren Körner nach ihrem Durchmesser in einzelne Nummern. Man gebraucht dazu ebenso viele Siebe als Nummern von einander getrennt werden sollen, beginnt mit dem gröbsten und sondert in dieser Weise eine Nummer nach der andern aus.

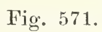
Schliesslich kommen die Schrotkörner in eine hölzerne, um eine geneigte Achse gedrehte Trommel, welche etwas Graphit enthält. Sie werden hierdurch polirt und erhalten einen glänzend schwarzen Ueberzug.

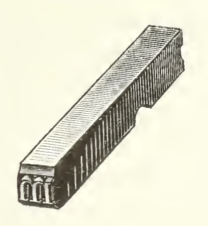
---

## Die Schriftgiesserei (Typen- oder Letterngiesserei).

Dieselbe liefert ein lehrreiches Beispiel, wie man im Stande ist, bei massenhafter Anfertigung eines und desselben Gegenstandes durch zweckmässige Einrichtungen die Zeit und Kosten der Anfertigung auf ein geringstes Maass herabzudrücken.

Eine Letter wird durch ein parallelepipedisches Stäbchen, Fig. 571, gebildet, auf dessen einer schmalen Seite (dem Kopfe) sich das Schriftzeichen, welches durch die Letter gedruckt werden soll, erhaben in verkehrter Stellung befindet. Durch Aneinanderreihen mehrerer Lettern entsteht bekanntlich der Drucksatz oder „Satz“. Es sind demnach nicht allein Lettern mit Buchstaben, Interpunctionszeichen etc. erforderlich, sondern auch solche Theile, welche nur dazu bestimmt sind, die weiss bleibenden Zwischenräume zwischen den Buchstaben, Wörtern, Zeilen u. s. w. auszufüllen und welche demnach kürzer als die eigentlichen Lettern und am Kopfe glatt sind. Die allgemeine Benennung für sämmtliche zu einem Drucksatze erforderlichen Stücke, gleichviel ob mit oder ohne Schriftzeichen, ist Typen, während man unter Lettern nur die Buchstabentypen zu verstehen pflegt.


Fig. 571.



Die Grösse der Buchstaben nennt man den „Kegel“, die Abmessung der Letter in der Richtung der Buchstabenhöhe ist die „Kegelstärke“. Selbstverständlich besitzen alle zu einem Satze gehörigen Typen gleiche Kegelstärke, abhängig von der Höhe der längsten Buchstaben, während

die Breite der Typen von der Breite des jedesmaligen Schriftzeichens abhängig und deshalb verschieden ist.

Die dem Kopfe der Letter gegenüberliegende Seite heisst Fuss; derselbe ist mit einem Einschnitte versehen, dessen Entstehung unten erläutert werden wird; ausserdem befindet sich ein durchgehender halbrunder Einschnitt, die „Signatur" genannt, auf derjenigen Seite des Stäbchens, welche dem untern Ende des Buchstabens entspricht, und dient dazu, die richtige Stellung der Letter zu erkennen, ohne dass das Typenbild betrachtet zu werden braucht.

Als Material zum Typengusse dient eine Legirung aus Blei, Antimon und Zinn (Schriftmetall). Blei bildet den Grundbestandtheil; Antimon giebt der Legirung eine grössere Härte und dadurch Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung, Zinn mildert die Sprödigkeit des Antimonbleies, welches ohne diesen Zusatz leicht Beschädigungen durch geringe Stösse erhalten würde, ohne aber der Härte desselben Eintrag zu thun. Ein grosser Zinngehalt erhöht daher im Allgemeinen die Güte der Legirung, vertheuert aber auch den Preis. Lettern giesst man deshalb gewöhnlich aus einer zinnreichern Legirung als die erwähnten Typen für weissbleibende Stellen des Drucks.

Die Lettern, welche zur Herstellung des Satzes für den Druck des vorliegenden Buches benutzt wurden, sind aus einer Legirung von 60 Theilen Blei, 25 Theilen Antimon und 15 Theilen des feinsten Zinns gegossen; eine billigere und von anderen Druckereien für Lettern vielfach benutzte Legirung ist: 75 Theile Blei, 23 Theile Antimon, 2 Theile Zinn. Zu den erwähnten Typen ohne Schriftzeichen (Ausschluss, Quadraten, Bleistegen) gebraucht man: 80 Theile Blei, 20 Theile Antimon ohne Zinn; zu Stereotypplatten: 82 Theile Blei, $14^3/_4$ Theile Antimon, $3^1/_4$ Theile Zinn.

Die Gussform des Schriftgiessers heisst „Giessinstrument". Dasselbe besteht mit Ansnahme desjenigen Theils, welches das Schriftzeichen ausbildet, aus Stahl, Eisen oder Messing und ist von Holz eingefasst, um rasch eine grosse Anzahl von Güssen ausführen zu können, ohne dass durch Erhitzung der Aussenflächen die Handhabung erschwert werde. Jenes erwähnte Stück zur Formung des Schriftzeichens heisst „Mater" oder „Matrize", ist zum Auswechseln eingerichtet, um ein und dasselbe Instrument für den Guss verschiedener Lettern benutzen zu können, und bildet beim Giessen die untere Begrenzung der innern Form; durch Verschiebung beziehentlich Auswechselung der Seitentheile lässt sich die Breite und Stärke verändern; am obern Ende der Form, also am Fusse der gegossenen Letter, befindet sich der pyramidale Einguss. Die Matrize wird aus dem reinsten Kupfer mit Hülfe eines gehärteten Stahlstempels geprägt, auf dessen Stirnfläche das betreffende Schriftzeichen in genau derselben Form erhaben eingravirt ist, als es die gegossene Letter enthalten soll; selbstverständlich erscheint dasselbe in der Matrize vertieft. Um das Giessinstrument in der erwähnten Weise sowohl für den Guss verschieden grosser Lettern brauchbar zu machen als auch,

um es nach erfolgtem Gusse zum Herauswerfen der Letter rasch öffnen und wieder schliessen zu können, ist die specielle Einrichtung desselben eine ziemlich complicirte, und man unterscheidet hinsichtlich dieser Construction deutsche, französische und englische Giessinstrumente, deren letztere am meisten gerühmt werden. Näheres hierüber sowie Abbildungen von Giessinstrumenten finden sich in der unten angegebenen Literatur.

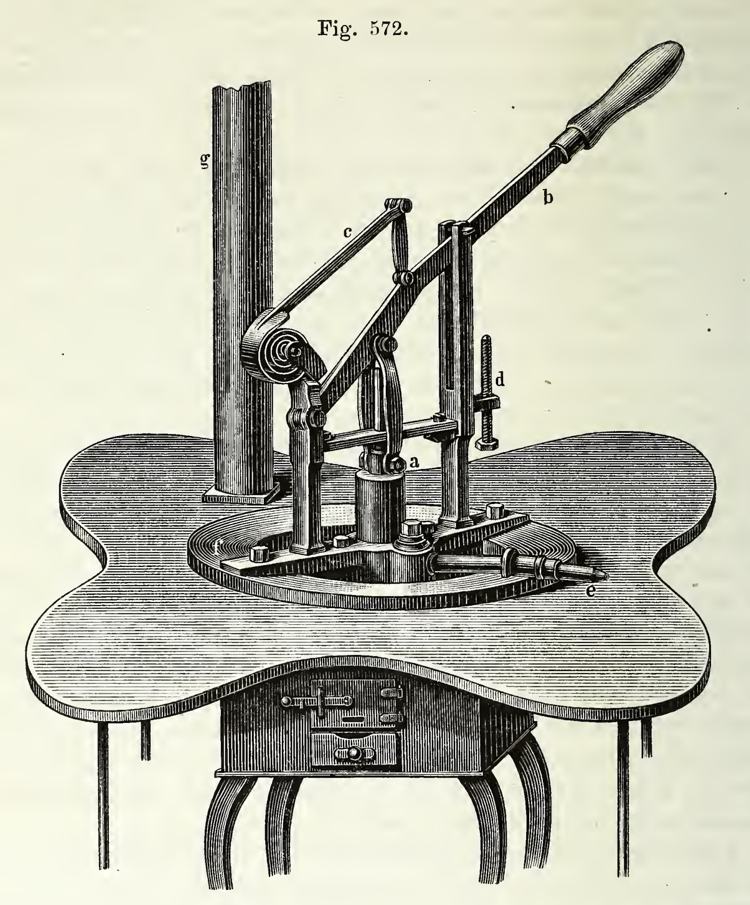
Das Schmelzen des Schriftmetalls geschieht in einem kleinen Kessel, von einem ringförmigen Tische umgeben, an welchem drei bis vier Arbeiter gleichzeitig beschäftigt werden können. Oberhalb des Kessels befindet sich ein Rauchfang aus Eisenblech zur Ableitung der Metalldämpfe. Häufig ist der Kessel durch radiale Wände in ebenso viele Abtheilungen zerlegt als Giesser dabei beschäftigt sind, so dass ein jeder derselben unbehindert aus seiner Abtheilung schöpfen und selbst mit einer andern Legirung arbeiten kann als sein Nachbar; bisweilen hat auch jeder Giesser seinen eigenen Ofen mit Tisch.

Beim Giessen mit der Hand hält der Giesser das geschlossene Giessinstrument in der Linken, schöpft mit einem eisernen Löffel etwas Metall aus dem Kessel, giesst es in den Einguss und giebt in demselben Augenblicke dem Instrumente eine eigenthümliche Schwingung, wodurch das Metall in alle Theile der Form hineingetrieben und schliesslich das in dem stärkern Eingusse noch flüssig gebliebene Metall in den Kessel zurückgeschleudert wird. Alsdann öffnet er mit der rechten Hand das Instrument, wirft den Abguss heraus und macht es für den nächsten Guss fertig. Alle diese Manipulationen zusammen beanspruchen bei einiger Geschicklichkeit des Giessers nur eine Zeitdauer von 5 bis 8 Secunden, so dass ein geübter Giesser täglich 4000 bis 7000 Abgüsse zu liefern im Stande ist, je nachdem die Schrift gross oder klein ist und demnach langsamer oder rascher erstarrt.

Für grössere „Kegel" benutzt man statt des Schöpflöffels mit Vortheil die schon früher (Seite 304) erwähnte Giesspumpe zur Beförderung des flüssigen Metalls in die Giessform. Fig. 572 (a. f. S.) zeigt das Aeussere einer solchen Giesspumpe nebst Schmelzofen, Kessel und Arbeitstisch. *a* ist der gusseiserne Pumpenkörper, durch einen Quersteg in der Mitte des Kessels *f* festgehalten; *b* ist ein Hebel zur Bewegung des Kolbens, *c* eine Feder, welche sofort nach beendigtem Hube den Hebel in den höchsten Stand zurückführt; *d* eine Schraube zur Regulirung der Hubhöhe, *e* das Ausgussrohr. *g* ist das Rauchrohr für die Feuerung. Da eine Ventilpumpe aus nahe liegenden Gründen nicht anwendbar sein würde, tritt das Metall durch seitliche in der Wand des Pumpenstiefels befindliche Oeffnungen in das Innere, welche in dem höchsten Stande des Kolbens frei liegen, beim Niedergange aber durch den Kolben selbst geschlossen werden. Man benutzt ein eben solches Giessinstrument wie beim Giessen mit dem Schöpflöffel und das Arbeitsverfahren ist deshalb im Wesentlichen übereinstimmend. Daher ist auch die Production bei

Benutzung der Giesspumpe nicht grösser als im andern Falle; der Hauptvortheil liegt in dem Umstande, dass der unter dem Drucke des

Fig. 572.




Pumpenkolbens erzeugte Strahl mit grosser Kraft in das Innere des Instruments eintritt und dasselbe schärfer ausfüllt (was besonders bei sogenannten unterschnittenen Schriftzeichen von Wichtigkeit ist); ausserdem sind die mit der Pumpe gegossenen Lettern um circa 25 Proc. leichter als die mit dem Löffel gegossenen, indem durch den Strahl Luft mit in das Giessinstrument geführt und ein im Innern blasiger Guss erzeugt wird, ein Umstand, welcher die Brauchbarkeit der Lettern nicht beeinträchtigt, aber ihren Preis erniedrigt.

In allen grösseren Schriftgiessereien wendet man endlich, wenn zahlreiche Mengen gleicher Lettern zu giessen sind, eine Giessmaschine an, bestehend aus einer Combination der Giesspumpe mit einem mechanisch bewegten Giessinstrumente, welches in dem Augenblicke, wo die Pumpe ihren Metallstrahl ausspritzt, sich vor die Ausgussöffnung legt,

um denselben aufzunehmen, dann sich vom Kessel entfernt, sich selbstthätig öffnet, den Buchstaben auswirft, sich wieder schliesst und nun in dem Augenblicke vor der Ausgussöffnung der Pumpe in richtiger Stellung wieder angekommen ist, wo ein neuer Strahl austritt. Die gesammte menschliche Arbeit zur Bedienung der Maschine beschränkt sich auf die durch einen Mann zu bewirkende Drehung einer Kurbel, von welcher aus die Pumpe und sämmtliche übrige Mechanismen getrieben werden. Durchschnittlich erfolgt pro Secunde eine Letter (von grösseren Sorten weniger); die tägliche Production kann mit Berücksichtigung der unvermeidlichen Störungen zu circa 20 000 Stück angenommen werden.

Neuerdings hat man die Giessmaschinen noch mit Einrichtungen versehen, welche auch die Eingüsse abbrechen, die Lettern schleifen, behobeln, aufsetzen und fertig machen (siehe unten), also für die Benutzung vollständig fertige Lettern liefern (sogenannte Completmaschinen; u. a. in Thätigkeit in den Schriftgiessereien von Genzsch und Heyse in Hamburg und Flinsch in Frankfurt a. M.).

Sehr grosse Lettern (Plakatschriften) nach einer der beschriebenen Methoden gegossen würden in Folge der Einflüsse, welche bei der langsamern Erstarrung der grössern Menge Metall die Schwindung ausübt, nicht sauber und scharf genug ausfallen. Sie müssen unter einem starken Drucke gegossen werden, welcher im Augenblicke des Erstarrens auf das flüssige Metall ausgeübt wird. Man stellt sie zur Erreichung dieses Zwecks durch Abklatschen oder Clichiren dar. Die einfachste Methode hierfür, zur Vervielfältigung von geschnittenen Zeichnungen in Holz und Metall, Medaillen etc. benutzt, ist folgende: Man bildet sich aus geöltem Papiere durch Aufbiegen der Ränder ein Kästchen, etwas breiter und länger als die Matrize, und giesst in dasselbe eine nur 3 bis 4 mm starke Schicht des flüssigen, aber nur wenig über seinen Schmelzpunkt erhitzten Metalls (gewöhnlich aus einer Legirung von Blei und Zinn oder Blei, Zinn und Wismuth bestehend). Mit der andern Hand fasst man die Matrize und schlägt sie in dem Augenblicke, wo das Metall einen breiartigen Zustand angenommen hat und dem Erstarren nahe ist, kraftvoll auf die Oberfläche desselben nieder. Indem in solcher Weise das Metall in die feinsten Vertiefungen der Matrize hineingepresst wird, entsteht ein sehr scharfer dünner Abguss, welcher, nachdem der überstehende Rand entfernt ist, in ein Giessinstrument eingelegt und mit Metall hintergossen wird, um die nöthige Stärke zu erhalten. Dieses Hintergiessen erfordert natürlich besondere Vorsicht, um eine Verbindung zu bewirken, ohne dass der Abklatsch selbst zum Schmelzen kommt.

Seit Erfindung der Galvanoplastik ersetzt man bei Holzstichen etc. die in der soeben beschriebenen Weise hergestellten „Clichés" meistens durch galvanoplastische Kupferniederschläge, indem man von dem ge-

schnittenen Originale zunächst einen Abdruck in Guttapercha oder Wachs nimmt und auf der leitend gemachten Oberfläche desselben das Kupfer niederschlägt, so dass der Niederschlag wieder genau mit dem Originale übereinstimmt. Aus alter Gewohnheit nennt man auch diese auf galvanoplastischem Wege erhaltenen Abdrücke „Clichés". Dieselben werden ebenso wie die durch Abklatschen erhaltenen mit Metall hintergossen oder auf Holz befestigt. Bei fabrikmässiger Anfertigung grösserer Lettern dagegen wendet man statt jenes Abklatschens mit der Hand häufiger die Clichirmaschine an. Die Einrichtung derselben ist folgende:

Auf einer eisernen Tischplatte ist das kastenförmige Giessinstrument in solcher Lage befestigt, dass die Matrize dasselbe von oben schliesst, also umgekehrt als beim gewöhnlichen Giessen. Dicht neben dem Instrumente mit gemeinschaftlicher Scheidewand befindet sich der aus Eisen hergestellte etwas höhere Einguss von prismatischer Form, mit senkrechter Achse und sauber gearbeitet. In dem untern Theile der gemeinschaftlichen Wand befindet sich ein horizontaler Schlitz, welcher den Einguss mit der Gussform verbindet und das flüssige Metall aus dem erstern in die letztere hinüberleitet. Zum Entweichen der in der Form eingeschlossenen Luft dienen feine, nach oben ausmündende Canäle. Das Ganze gleicht demnach einer Gussform für stehenden Guss (vergl. S. 156). Oberhalb des Eingusses ist an einem auf dem Tische befestigten Ständer ein kleines Fallwerk angebracht, bestehend aus einer eisernen, prismatischen, senkrecht geführten Stange, durch eine Metallkugel am obern Ende beschwert und mit einem prismatischen Bär versehen, welcher genau in den Einguss hineinpasst. Der Anhub erfolgt von Hand mit Hülfe eines im Ständer gelagerten doppelarmigen Hebels, und eine Einklinkung hält die Stange in der höchsten Stellung fest. Wenn Alles vorgerichtet, die Matrize eingesetzt ist u. s. w., giesst man eine etwas grössere Menge Metall als zur vollständigen Füllung des Giessinstruments ausreichen würde, in den Einguss und löst dann die Klinke, welche das Fallwerk festhält. Der Bär schlägt auf die Oberfläche des im Eingusse befindlichen Metalls, treibt dasselbe in die Gussform hinüber und mit entsprechendem Drucke gegen die Matrize, worauf es alsbald erstarrt.

Durch Veränderung der Fallhöhe wie des Gewichts des Fallwerks lässt sich die Wirkung des Schlages verstärken oder abschwächen, je nachdem man grössere oder kleinere Lettern zu giessen hat.

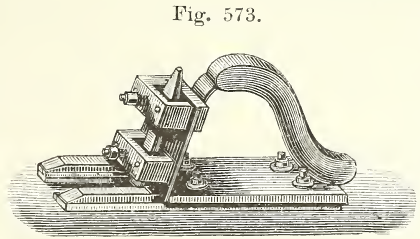
Die in einer oder der andern Weise gegossenen Lettern bedürfen nun noch einer Anzahl fernerer Bearbeitungen, bevor sie zur Benutzung tauglich sind.

Zunächst wird der Gusszapfen (Einguss) abgebrochen. Diese Arbeit geschieht meistens von Hand durch Knaben oder Mädchen, deren jedes täglich 30 000 bis 35 000 Typen abzubrechen im Stande ist.

In einer folgenden Werkstatt werden die Typen geschliffen zu dem Zwecke, an denjenigen Stellen, wo die Theile des Giessinstruments zusammentraten, den enstandenen Grat zu entfernen. Auch diese Arbeit wird in den meisten Fällen von Hand ausgeführt. Der Arbeiter hat vor sich auf dem Tische einen horizontal liegenden, etwa 600 mm im Quadrate grossen Schleifstein (Sandstein), auf dem er die Typen durch Hin- und Herbewegen abschleift. Die tägliche Leistung eines geübten Arbeiters hierbei ist 20 000 bis 25 000 Stück.

Die geschliffenen Typen werden nun „aufgesetzt“, d. h. sie werden auf dem „Winkelhaken“, einem hölzernen linealartigen Werkzeuge, zu einer Reihe geordnet, so dass Fuss an Fuss und Kopf an Kopf liegt. Eine geradlinige Leiste auf dem Winkelhaken, gegen welche die Füsse der Lettern stossen, bestimmt die gerade Richtung der Reihe. Die aufgesetzten Typen werden nun sammt dem Winkelhaken dem „Fertigmacher“ überwiesen. Derselbe überträgt zunächst die auf dem hölzernen Winkelhaken geordnete Reihe auf einen eisernen Winkelhaken durch Auflegen desselben und Umkippen, wobei jedoch jetzt die Füsse der Lettern nach aussen zu stehen kommen. Dann spannt er mit Hülfe einer eisernen über die ganze Reihe der Typen hinwegragenden Stange — „Würfel“ genannt — dieselben auf dem Winkelhaken fest und bringt nun das Ganze (Winkelhaken und Würfel zusammen bilden die „Einlage“) auf den „Bestosstisch“, wo es zwischen zwei Leisten oder Platten, deren eine schlittenartig auf der Tischplatte verschiebbar ist und mit Hülfe einer Schraubenspindel gegen die andere bewegt werden kann, in solcher Weise festgespannt wird, dass die Füsse der Typen nach oben gekehrt sind. Der Bestosstisch und die Einlage zusammen werden das „Bestosszeug“ genannt. Nun führt man einen Hobel, welcher Aehnlichkeit mit einem Holzhobel hat und in Fig. 573 abgebildet ist, über die ganze Reihe der Typen hinweg, wobei an den Stellen, wo die Eingüsse sassen und beim Abbrechen derselben eine rauhe Oberfläche entstanden war, Metall weggenommen und dadurch ein rinnenartiger Einschnitt gebildet wird, der an dem Fussende der in Fig. 571 abgebildeten Letter sichtbar ist und bereits erwähnt wurde. Zeigt sich, dass auch neben diesem Einschnitte die Oberkanten der Letternfüsse nicht in genau gleicher Höhe liegen oder dass überhaupt die Gesammthöhe der Lettern nicht genau der für die Benutzung erforderlichen Höhe entspricht, so werden dieselben mit einem ähnlichen Hobel, dem „Höhenhobel“, ebenfalls bearbeitet.

Fig. 573.



Nun werden die Typen herausgenommen, in umgekehrter Lage — mit der Bildfläche nach oben — abermals in das Bestosszeug eingespannt,

und dann werden mit dem „Eckhobel“, dessen Schneide seitlich neben dem Typenkopfe vorbeigeführt wird, die „Ecken gebrochen“, d. h. die beiden frei liegenden parallelen Kanten der Typenreihe (oder auch nur die eine an der Seite der Signatur befindliche) schräg abgehobelt, selbstverständlich, ohne dass das Bild dabei beschädigt werden darf. Hiermit ist die Anfertigung der Lettern beendet.

Der aus den einzelnen Typen zusammengestellte „Satz“ wird zunächst zum Drucke der sogenannten Correctur- oder Revisionsbogen, dann aber, nachdem die gefundenen Irrthümer berichtigt worden sind, als Modell für den Guss der Stereotypplatten benutzt, welche für die Herstellung der richtigen Abdrücke in die Buchdruckerpresse eingesetzt werden.

Zur Herstellung der Gussform für diese Stereotypplatten klebt man eine Anzahl dünner Papierblättchen mit dünnem Stärkekleister auf einander, legt dieselben, während sie noch feucht sind, auf den Typensatz und presst sie durch Aufschlagen derartig gegen denselben, dass ein verkehrter scharfer Abdruck desselben entsteht. Diese Papiermatrize wird bei gelinder Wärme getrocknet, dann in eine Gussform eingelegt, bestehend aus zwei gusseisernen Platten, welche durch dazwischen gelegte, den Rand der Gussform an drei Seiten einschliessende und zugleich die Matrize festspannende eiserne Leisten einen solchen Abstand von einander erhalten, als die Metallstärke der Stereotypplatten betragen soll. Die Gussform wird dann verklammert und in aufrechter Stellung mit Hülfe eines Giesslöffels vollgegossen. Nach dem Erkalten werden die Seiten der Platten behobelt und sind dann druckfertig. Statt der Papierformen benutzte man früher Gypsformen (Matrizen), durch Aufgiessen von Gyps auf den Drucksatz hergestellt.

Die Zusammensetzung der für den Guss von Stereotypplatten benutzten Legirung wurde bereits oben mitgetheilt.

---

## Literatur.

J. H. Bachmann, Die Schriftgiesserei, Leipzig 1868.

Prechtl-Karmarsch, Technologische Encyclopädie, Bd. 16, 17, 18, Artikel Stereotypie und Schriftgiesserei.

---

## Anfertigung der Röhren.

Röhren finden in der Technik und im gewöhnlichen Leben eine sehr häufige Anwendung, hauptsächlich zum Fortleiten von Flüssigkeiten, Dämpfen oder Gasen, aber auch zu mannigfachen anderen Zwecken. Dieser massenhafte Verbrauch der Röhren erklärt es, dass die Anfertigung derselben längst als Specialität ausgebildet und auf diese Weise auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit gehoben ist. Die Art und Weise der Anfertigung aber ist eine sehr verschiedene, je nachdem das eine oder andere Metall als Röhrenmaterial benutzt wird. Für die Röhrenanfertigung im Grossen sind folgende Metalle die wichtigsten: Gusseisen, Schmiedeeisen, Kupfer, Messing, Blei.

### Gusseiserne Röhren.

In Folge der zum Theile grossartigen Anlagen von Gas- und Wasserleitungen, sowie in neuester Zeit von Canalisationen zur Fortleitung von Abfallstoffen, welche für Städte und grössere Ortschaften nicht allein neu angelegt werden, sondern mit dem fortschreitenden Wachsthum derselben alljährlich Ergänzungen verlangen, ist die Anfertigung gusseiserner Leitungsröhren zu einem Umfange angewachsen, dessen sich kein anderer Specialartikel aus Gusseisen rühmen kann. Die deutschen Röhrengiessereien liefern alljährlich nach einem ungefähren Ueberschlage circa 1 Million Centner gusseiserne Röhren; die französischen mindestens ebenso viel; die englischen noch mehr.

Die üblichsten Abmessungen gusseiserner Röhren schwanken zwischen 25 mm Durchmesser mit circa 1,5 m Länge und 1 m Durchmesser mit 4 m Länge.

Die Verbindung der einzelnen Röhren unter einander zur Herstellung einer längern Leitung geschieht bekanntlich in zweierlei Weise, und man unterscheidet demnach zwei Hauptgattungen von gusseisernen Röhren: Scheiben- oder Flantschenröhren, bei welchen an jedem Ende des Rohrs eine Scheibe rechtwinklig zur Achsenrichtung aufgegossen ist, und die Verbindung zweier benachbarter Rohre durch Schrauben erfolgt, nachdem eine Dichtungsscheibe aus Pappe mit Kitt, aus Kautschuk oder dergleichen eingelegt ist; und Muffenröhren, bei denen das Ende des einen Rohrs in die Muffe des folgenden hineingesteckt wird, worauf man die Fuge durch getheerten Hanf und einen darüber gegossenen und gut verstemmten Bleiring (bisweilen auch wohl nur durch Verkitten mit Rostkitt) schliesst. Scheibenröhren finden

vorzugsweise für Dampfleitungen Verwendung, weil bei diesen in Folge des Temperaturwechsels ein öfteres Auswechseln zerbrochener Rohre erforderlich wird, und aus naheliegenden Gründen das Auswechseln eines Rohrs aus einer festliegenden Leitung bei Muffenröhren weit umständlicher als bei Scheibenröhren ist; bei den oben genannten, weit umfangreicheren Verwendungen gusseiserner Röhren bedient man sich dagegen fast nur der billigeren Muffenröhren, deren Anfertigung aus diesem Grunde vorzugsweise als Specialität ausgebildet ist.

Der Zweck gusseiserner Leitungsröhren für Gas, Wasser oder Abfallstoffe erheischt es, dass dieselben vollständig dicht (blasenfrei) im Gusse sind, Erschütterungen oder Stösse (die bei Wasserleitungsröhren mit Hochdruck durch das Wasser selbst in sehr heftiger Weise ausgeübt werden können) ohne Gefahr des Zerbrechens aushalten, und dass besonders die Muffe hinlänglich fest sei, die beim Verstemmen der Fuge mit Blei ausgeführten Schläge auszuhalten, ohne zu zerspringen. Zur Erfüllung dieser Bedingung ist es üblich, die Muffenröhren stehend in getrockneten Formen und — wenigstens bei den grösseren Sorten — mit der Muffe nach unten zu giessen. Der stehende Guss erleichtert einestheils das Entweichen der in der Gussform aufsteigenden Gas- und Dampfblasen sowie das Aufsteigen der etwa zufällig in die Gussform gerathenen fremden Körper (Ausscheidungen aus dem Eisen, losgerissene Theilchen der Form etc.) in den zu oberst befindlichen Einguss, anderntheils macht er die bei horizontaler Lage des langen Kerns unvermeidliche Unterstützung desselben durch Kernsteifen (S. 154) entbehrlich, deren Anwendung sehr häufig eine Undichtigkeit des Rohrs an der betreffenden Stelle zur Folge haben würde; das Trocknen der Form bezweckt eine verringerte Dampfentwickelung; durch den Guss der Muffe nach unten wird eine Ansammlung von Gasblasen und sonstigen aufsteigenden fremden Körpern in derselben vermieden, welche bei der umgekehrten Anordnung der Gussform nur durch Aufsetzen eines starken verlornen Kopfs sich mit Sicherheit vermeiden lassen würde.

In allen Fällen muss die Gussform und der Kern für dieselbe getrennt angefertigt werden. Letzterer wird in Lehm auf einer eisernen mit Stroh umwickelten Spindel aufgedreht (S. 144 und 166), gut getrocknet und vor dem Gusse in die Gussform eingelegt. Nur für die Kerne der kleinsten Sorten Röhren wendet man bisweilen Kernkasten an, in welchen die Kerne aus Masse eingestampft werden, nachdem ebenfalls eine eiserne Kernspindel eingelegt worden ist.

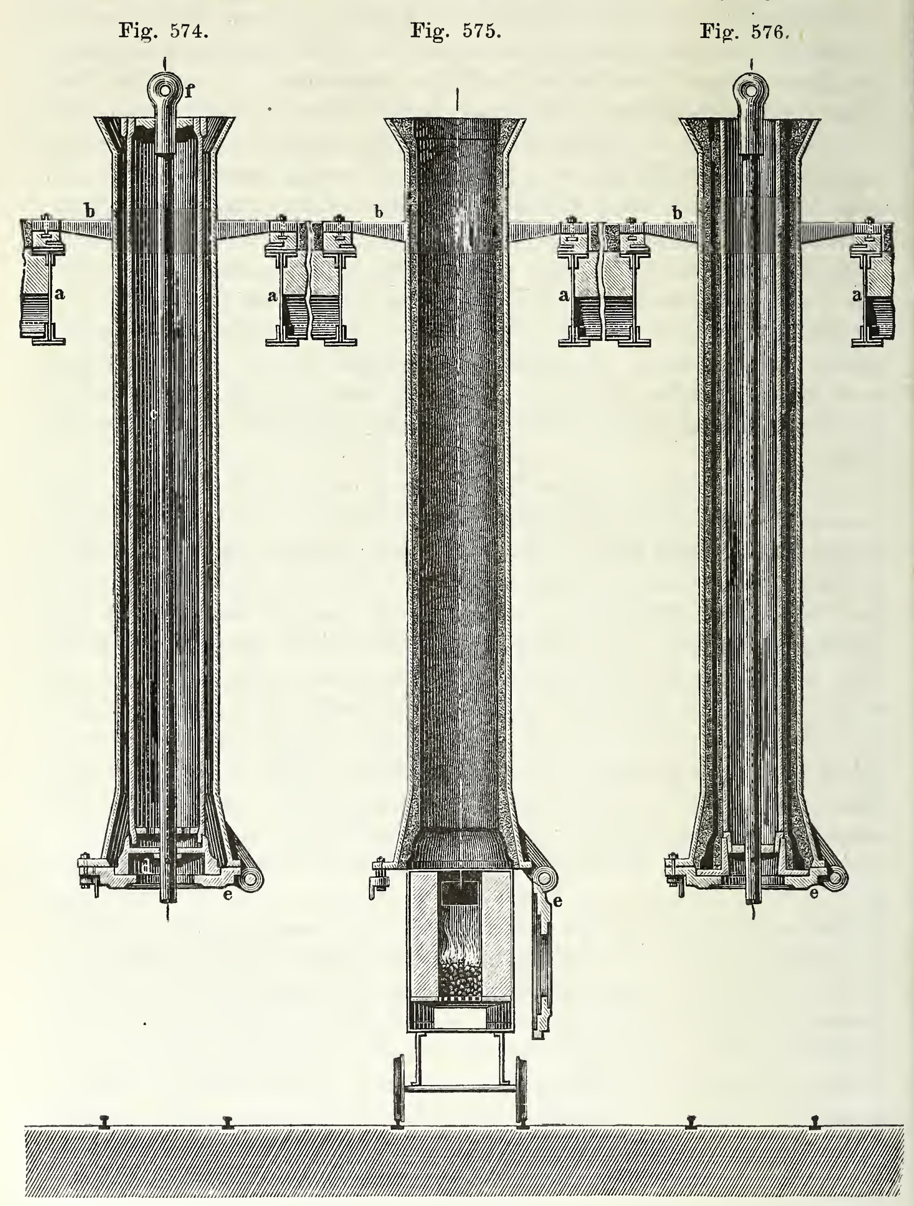
Bis vor etwa 10 Jahren bediente man sich allgemein in den Röhrengiessereien eines gewöhnlichen zweitheiligen Formkastens von sechseckigem Querschnitte (Fig. 120 a. S. 139), formte über einem gusseisernen gedrehten Modelle, welches beim Einstampfen des Unterkastens zur Hälfte in einen sauber gearbeiteten Lehrboden eingelassen war, die Gussform in der üblichen auf S. 152 beschriebenen Weise ein, trocknete

dieselbe in einer Trockenkammer, legte nach Beendigung des Trocknens den Kern ebenfalls in horizontaler Lage in den Unterkasten ein, setzte den Oberkasten auf und richtete erst dann die solcherart fertig zusammengesetzte Gussform in senkrechte Stellung auf, um zum Gusse zu schreiten. Das Aufrichten der Formkasten und das Niederlegen derselben nach beendigtem Gusse wurde durch Drehungszapfen in der Mitte ihrer Länge, auf zwei eisernen Trägern ruhend, erleichtert, welche letzteren über einer Dammgrube im Niveau der Hüttensohle derartig angeordnet waren, dass nur die obere Hälfte des aufgerichteten Formkastens über die Hüttensohle emporragte. Diese Methode veranlasste einen beträchtlichen Zeitverlust durch das erforderliche Heben und Transportiren der Formkasten beim Einformen und Trocknen; an den Fugen der beiden Gussformhälften entstand ein Grat, welcher bisweilen zur Entstehung poröser, undichter Stellen Veranlassung gab; da der Kern in horizontaler Lage eingelegt und dann erst mit dem Formkasten aufgerichtet wurde, war eine, wenn auch geringe, Verbiegung desselben durch sein Gewicht oft unvermeidlich und die Entstehung einer ungleichen Wandstärke des Rohrs die Folge davon.

Diese Uebelstände gaben Veranlassung zur Erfindung einer vollständig abweichenden Formmethode, welche, zuerst in Frouard bei Nancy ausgebildet, seitdem einen Umbau fast aller grösseren Röhrengiessereien zur Folge gehabt hat, da sie in einfachster Weise jene Missstände vermeidet. Die Figuren 574 bis 577 (a. f. S.), welche einen Formkasten mit eingehängtem Modelle, eine Gussform während des Trocknens und einen zum Gusse fertigen Formkasten mit eingestelltem Kerne in $^1/_{40}$ der wirklichen Grösse darstellen, mögen zur Veranschaulichung dieser Formmethode dienen, bei welcher der Formkasten während aller vorzunehmender Arbeiten eine senkrechte Stellung behält, ohne von seinem Platze entfernt zu werden. Das Trocknen geschieht, wie aus Fig. 575 ersichtlich ist, durch eine unterhalb des Formkastens angebrachte Feuerung; in Rücksicht hierauf pflegt man, um die Bedienung der Feuerungen für die einzelnen Formkasten zu erleichtern, den Arbeitsraum für das Formen und Giessen erhöht, gewissermaassen als ersten Stock des Gebäudes, anzulegen, so dass der darunter befindliche Raum — das Erdgeschoss — für die Feuerungen benutzt werden kann. In dem Boden des Formlocals (der Decke des Erdgeschosses) sind Schlitze angebracht, in welche die Formkasten eingehängt werden. In den gegebenen Abbildungen, welche die betreffende Einrichtung in der neu erbauten grossen Röhrengiesserei zu Gröditz in Sachsen darstellen, sind *a a* starke, die seitliche Begränzung der erwähnten Schlitze bildende Blechträger, so dass jeder dieser Schlitze zur Aufnahme einer längern Reihe neben einander stehender Formkasten dient; und oberhalb jedes Schlitzes befindet sich eine durch eine Transmission betriebene Laufbühne, um die Modelle ein- und auszuheben, die Kerne einzusetzen, die Abgüsse herauszunehmen u. s. w. Jeder der einzelnen Formkasten ruht mit den angegossenen Laschen

auf zwei gusseisernen Querträgern *b b*, welche sich, den verschiedenen Durchmessern der Formkästen entsprechend, in beliebigen Abstand von einander bringen lassen. Die Formkästen sind zweitheilig, cylindrisch.

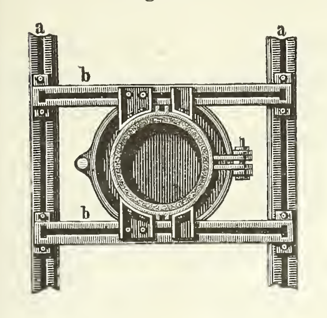
Fig. 574. Fig. 575. Fig. 576.




Ihr Durchmesser ist so gewählt, dass zwischen Formkastenwand und Modell nur so viel Raum bleibt, um eine Sandschicht von genügender Haltbar-

keit einformen zu können, etwa 25 mm bei Röhren mittlerer Grösse. Hierdurch wird nicht allein der Sandverbrauch und die Arbeit des Einformens auf ein geringstes Maass beschränkt, sondern auch die Zeitdauer des Trocknens, welche bei der oben beschriebenen ältern Methode 6 bis 12 Stunden zu beanspruchen pflegte, auf 1 bis 2 Stunden abgekürzt, so dass ein- und derselbe Formkasten im Laufe des Tages mehrere Male benutzt werden kann. Das Modell ist aus Gusseisen gefertigt und glatt gedreht. Eine in der Achse desselben befestigte schmiedeeiserne Spindel mit angeschmiedeter Oese dient zum Heben desselben. Soll die Muffe nach unten gegossen werden, so muss das Modell, wie aus Fig. 574 hervorgeht, getheilt sein, um das Modell *d* der Muffe nach unten entfernen zu können, wenn das Einformen beendet ist, während der cylindrische Theil *c* nach oben herausgezogen wird. Der Deckel *e* bildet den untern Verschluss des Formkastens, sichert mit Hülfe einer eingedrehten Führung die richtige Stellung des Muffenmodells (vergl. 574), und dieses schliesst sich mit einer ausgedrehten Ringfläche genau um das untere Ende des Modells *c*, somit auch die Stellung dieses letztern festlegend. Dieser Einrichtung des Modells entspricht diejenige der Kernspindel, welche in Fig. 576 ersichtlich ist. Auch diese — und somit auch der Kern — besteht aus zwei Theilen, derer unterer, für die Muffe bestimmter, in dem Deckel *e* geführt ist und seinerseits wieder als Führung für den obern längern Theil dient. In solcher Weise muss der Kern stets eine genau centrische Stellung zur Gussform erhalten. Das Arbeitsverfahren ist einfach und bedarf keiner Erläuterung. Zum Trocknen benutzt man Braunkohlen, Koks oder dergleichen in einer fahrbaren Feuerung; in einzelnen Giessereien erhitzte Luft, welche von unten einströmt.

Fig. 577.




Nach dem Giessen wird zunächst die Kernspindel mit Hülfe des Krahns herausgezogen, dann werden die durch Dübel verbundenen Formkastenhälften so weit gelöst, als erforderlich ist, den Abguss nach oben herausheben zu können, und nunmehr dieser gleichfalls mit dem Krahne entfernt.

In einzelnen grossen Röhrengiessereien hat man die Handarbeit beim Einformen durch Maschinenarbeit ersetzt. Auf S. 194 wurde bereits das Princip solcher Röhrenformmaschinen und auf S. 198 die betreffende Literatur erwähnt. Da die mit der Transmission verbundene Formmaschine hierbei einen festen Standort besitzt, so müssen die Formkasten transportirt werden, um einer nach dem andern eingeformt zu werden, und hierin beruht wohl unläugbar ein Nachtheil gegenüber der beschriebenen Röhrenformmethode mit Handarbeit; ausserdem ist aber bei

der letzteren die Arbeit des Einformens ohnehin so verhältnissmässig gering, dass nach Ueberzeugung des Verfassers die Anwendung von Röhrenformmaschinen nur in Gegenden, wo die Arbeitslöhne sehr hoch sind, von Vortheil sein kann.

Zu den geraden Röhren bilden die sogenannten Façonstücke unentbehrliche Ergänzungen bei grösseren Leitungen. Hierher gehören Krümmer, Kreuzungsstücke, T-Stücke und andere. Die Anfertigung derselben bietet im Allgemeinen wenig Eigenthümliches.

Die gegossenen Röhren werden, nachdem sie vom Sande gereinigt, die Eingüsse entfernt sind u. s. w., einer Dichtigkeits- und Druckprobe unterworfen. Gasleitungsröhren werden zu diesem Zwecke, nachdem ihre Enden durch aufgepresste Deckel luftdicht verschlossen sind, in einem Gefässe unter Wasser mit Hülfe einer Luftpumpe, die durch einen Schlauch mit dem Rohrinnern in Verbindung gesetzt ist, mit gepresster Luft (bis zu zwei Atmosphären Ueberdruck) gefüllt. Jede Undichtigkeit verräth sich sofort durch im Wasser aufsteigende Luftbläschen. Wasserleitungsröhren werden dagegen mit Wasser gefüllt, welches mit Hülfe einer Druckpumpe einem Drucke von 10, 12, 15 Atmosphären, den Lieferungsbedingungen entsprechend, ausgesetzt wird und denselben auf die Rohrwände überträgt. Gewöhnlich hämmert man während dieses Druckes die Rohrwände an verschiedenen Stellen mit 1 bis $1^1/_2$ Kilo schweren Hämmern, um auch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen zu erproben. Hierbei darf weder ein Zerspringen des Rohres noch ein Durchschwitzen von Wasser durch die Wände stattfinden.

Schliesslich werden die Röhren in der auf S. 783 beschriebenen Weise mit einem Theerüberzuge versehen (asphaltirt).

## Schmiedeeiserne Röhren.

Dieselben finden ihre hauptsächlichste Verwendung für engere Gasleitungen in den Gebäuden — wobei die Verbindung der einzelnen Rohrenden durch Muffen mit Schraubengewinden bewerkstelligt wird — und für Dampfkessel als sogenannte Siederohre. Die Anfertigung ist eine etwas abweichende, je nachdem sie dem einen oder andern der genannten Zwecke dienen sollen.

In beiden Fällen dient ein möglichst weiches, gut schweissendes Puddeleisen, Frischfeuereisen oder auch wohl Bessemereisen als Material, aus welchem flache Stäbe (Streifen oder Stripsen, englisch *strips*) entweder durch Auswalzen in Kalibern oder durch Zerschneiden von Blechen hergestellt werden. Ersteres billigeres Verfahren ist für Anfertigung von Gasröhren, letzteres für Siederöhren üblich. Die langen Kanten müssen durchaus sauber und glatt sein.

Für die Gasröhrenfabrikation bringt man eine Anzahl Streifen in einen Schweissofen mit 5 bis 6 m langem, ca. $^1/_2$ m breitem Herde und niedrigem Gewölbe, welcher mit langflammiger Kohle geheizt wird, um eine möglichst gleichmässige Erhitzung der langen Streifen zu bewirken. In unmittelbarer Nachbarschaft dieses Ofens befindet sich eine Schleppzangenziehbank, ganz ähnlich der auf S. 532 abgebildeten, doch meistens ohne den Dorn in der Ziehöffnung. Letztere ist in einer gusseisernen trichterartigen „Ziehdüte“, auch „Becher“ genannt, Fig. 578, befindlich, welche sich rasch in das Zieheisen einsetzen und behuf der Auswechselung wieder herausnehmen lässt (vergl. S. 536).

Wenn die Streifen im Ofen zur hellen Rothgluth erwärmt sind, wird der erste herausgenommen, das Ende desselben mit einem Holz-

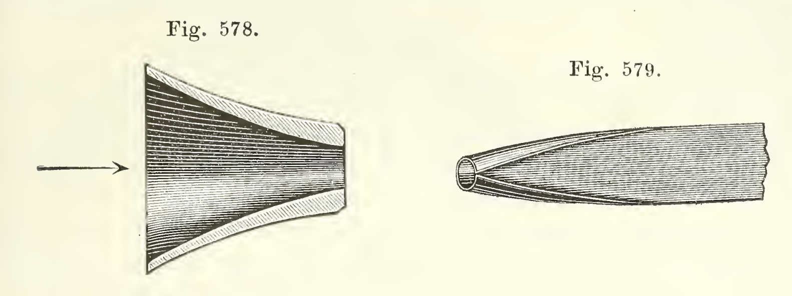


Fig. 578. Fig. 579.

hammer über einem Dorne dütenartig umgeklopft, wie es Fig. 579 darstellt, dieses Ende durch das Ziehloch hindurchgesteckt und von der Schleppzange erfasst. In diesem Augenblicke wird die Zange in die bereits in Umlauf befindliche Kette der Bank eingehängt und dadurch der ganze Streifen durch die Ziehdüte hindurchgezogen. Hierbei rollt sich derselbe naturgemäss zu einem Rohre zusammen, indem die langen Kanten stumpf gegen einander gedrückt werden. Nun wird das Rohr in den Schweissofen zurückgebracht und, während die übrigen in derselben Weise gerollt werden, zur Schweisshitze erwärmt. Ist dieses geschehen, so wird eine engere Düte in die Ziehbank eingesetzt, das Rohr aus dem Ofen genommen und hindurch gezogen. In Folge des verkleinerten Durchmessers wird die Schweissfuge hierbei fest zusammengepresst und der Durchmesser entsprechend verkleinert. Nun kommt das Rohr auf kurze Zeit in den Ofen zurück und zwar in umgekehrter Lage als vorher, so dass das vorher dem Fuchse zugekehrte und deshalb weniger stark erhitzte Ende jetzt nach der Feuerbrücke zu gerichtet ist. Inzwischen wird die Düte abermals mit einer engern vertauscht, und dann das Rohr wiederum hindurchgezogen. Dieses Verfahren wird im Ganzen ungefähr fünf Mal mit stetig abnehmender Ziehöffnung wiederholt und durch das gleichzeitige Zusammenpressen der Fuge und Ausziehen des Rohrs die Schweissung vollendet.

Nach dem letzten Zuge wird das noch glühende Rohr gerade gerichtet. Die hierzu dienende Richtmaschine besteht aus einer horizontal liegenden, starken, gusseisernen Richtplatte, oberhalb welcher eine zweite gusseiserne Platte hin- und herbewegt wird und dadurch das zwischen beiden befindliche Rohr in rollende Bewegung versetzt. Die bewegliche Platte ruht mit vier seitlich angebrachten Laufrädern auf zwei Gusseisenschienen, welche von je zwei senkrechten starken Schraubenspindeln getragen werden, so dass der Abstand beider Platten von einander entsprechend dem äussern Durchmesser des zu richtenden Rohrs durch Drehung der Spindeln mit Leichtigkeit geregelt werden kann.

Schliesslich werden die Enden des Rohrs beschnitten und auf der Schraubenschneidemaschine (s. unten: Anfertigung der Schrauben) mit Gewinde versehen.

Dieses für Anfertigung von Gasröhren, welche nur schwachem Drucke ausgesezt sind, vollständig ausreichende Verfahren giebt bei Anfertigung von Siederöhren für hohen Druck einen weniger befriedigenden Erfolg. Man pflegt deshalb die Herstellung dieser letzteren in folgender Weise auszuführen. Um die Schweissung zu erleichtern, werden die langen Kanten der aus Blech geschnittenen Streifen schräg abgehobelt, so dass sie beim Zusammenrollen nicht stumpf gegen einander stossen, sondern sich auf einander legen (wie in Fig. 368 auf S. 466) und dadurch eine breitere Fuge bilden. Zum Rollen der so vorbereiteten Streifen dient ein Glühofen und eine Schleppzangenziehbank wie für die Gasrohre; die gerollten Rohre kommen nunmehr in einen zweiten Ofen, um auf Schweisshitze erwärmt zu werden. Bis hierher unterscheidet sich das Verfahren wenig von der Anfertigung der Gasröhren; die nun folgende Schweissung aber geschieht nicht im Ziehwerke, sondern im Walzwerke. Die Walzen desselben pflegen nur je ein Rundkaliber zu besitzen, dessen Durchmesser gleich dem äussern Durchmesser des Rohrs ist; die Ränder des Kalibers laufen nahezu auf einander. Hierdurch entsteht eine scheibenartige Form der Walzen, wie aus Fig. 581 hervorgeht. Der Durchmesser der Walzen ist 550 bis 650 mm, die Anzahl der Umdrehungen 60 bis 130, je nachdem dickere oder weniger dicke Röhren gewalzt werden. In dem Kaliber der Walzen, auf der Unterwalze lose aufruhend, befindet sich ein in der Schale gegossener gusseiserner Dorn *a* von der Form eines Paraboloids, der an seiner dicksten Stelle auf etwa 10 mm Länge cylindrisch gedreht und polirt ist, so dass der Durchmesser dieses cylindrischen Theils genau dem innern Durchmesser des herzustellenden Rohres entspricht; der Dorn ist an dem Ende einer Stange Rundeisen befestigt, welche etwas länger ist als das Rohr, und sich mit dem andern Ende gegen eine verstellbare Platte stemmt. Das gerollte und zur Schweisshitze erwärmte Rohr wird in der Richtung des Pfeils in Fig. 580 gegen die Walzen ge-

führt, hebt dabei den Dorn so viel empor, als die Wandstärke beträgt, und wird dann in der ganzen Länge über denselben fortgeführt. Durch den Druck der Walzen von aussen und des Dorns von innen wird die Schweissung vollendet. Das geschweisste Rohr wird nun abermals in einem

Fig. 580.

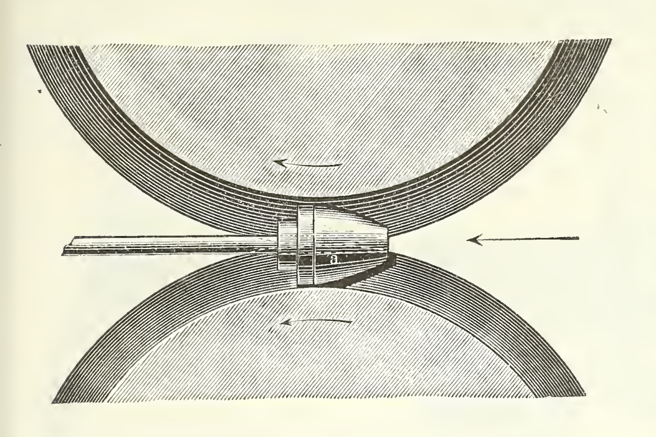
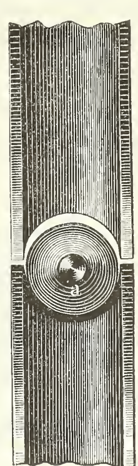



Fig. 581.




Glühofen auf Kirschrothgluth erwärmt und mit der Schleppzangenziehbank langsam durch ein Ziehloch mit scharfer Kante (Hartgussring) gezogen, dessen Durchmesser genau gleich dem äussern Durchmesser des fertigen Rohrs ist; hierbei wird der beim Walzen entstandene Glühspan abgeschabt und die Oberfläche geglättet.

Die erkalteten Röhren werden durch Bearbeiten mit Holzhämmern gerichtet und, nachdem die Enden auf der Drehbank abgedreht worden sind, mit der Druckpumpe auf ihre Dichtigkeit und Festigkeit geprüft[1]).

Beim Legen von schmiedeeisernen Gasleitungen sind selbstverständlich ähnliche Façonstücke als für gusseiserne Leitungen erforderlich, um Rohrenden zu verbinden, rechtwinklige Krümmungen hervorzubringen, Abzweigungen anzulegen und dergleichen. Die Anfertigung dieser Stücke, welche noch von manchen Fabriken geheim gehalten wird, giebt ein anschauliches Beispiel, wie man oft mit sehr einfachen Hülfsmitteln überraschende Erfolge erreichen kann; und es soll deshalb die Darstellungsweise der üblichen schmiedeeisernen Façonstücke in Kurzem erläutert werden.

---

[1]) Die Fabrikation schmiedeeiserner Dampfkesselsiederöhren, von C. von Schwarz. Zeitschrift des berg- und hüttenmännischen Vereins für Steiermark und Kärnthen, Jahrgang 1877, S. 77.

Die Anfertigung von **Muffen** zur Verbindung zweier Rohrenden bietet nichts Besonderes. Man rollt ein entsprechendes Stück Flacheisen mit abgeschrägten Enden zusammen, schweisst die Enden über einem Dorne und schneidet schliesslich das Gewinde ein. **Reductionsmuffen** (zur Verbindung zweier Rohrenden von verschiedenen Durchmessern) werden ebenso gefertigt und schliesslich an dem einen Ende über einen zweiten engern Dorn geschmiedet.

**Kniestücke.** Die Figuren 582 bis 586 veranschaulichen den Gang bei der Herstellung derselben. Ein Stück Flacheisen wird zunächst wie in Fig. 582 ausgeschmiedet, die beiden mit *xx* bezeichneten Ecken

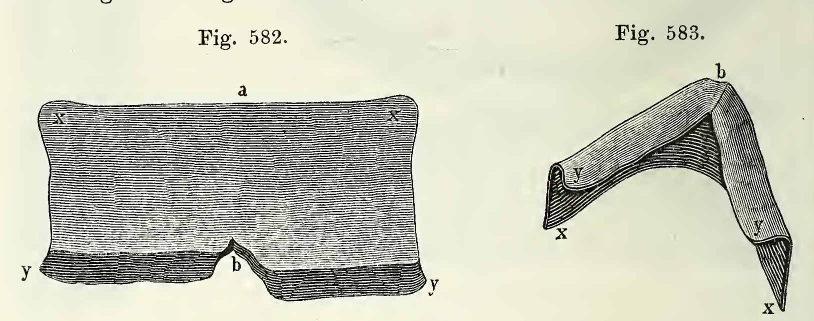


Fig. 582. Fig. 583.

zu dünneren vorstehenden Lappen ausgestreckt, die gegenüberliegende Seite *yy* des Rechtecks in der Mitte bei *b* mit einem Einschnitte ver-

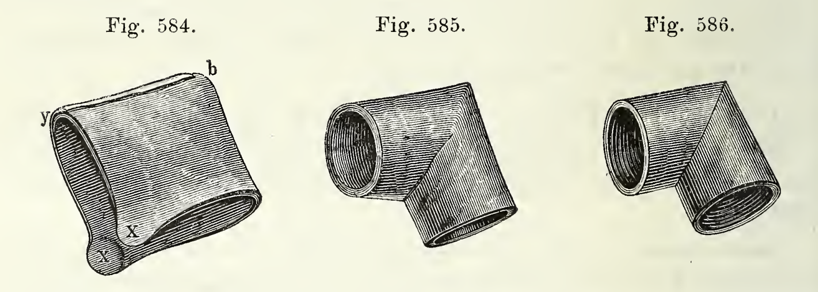


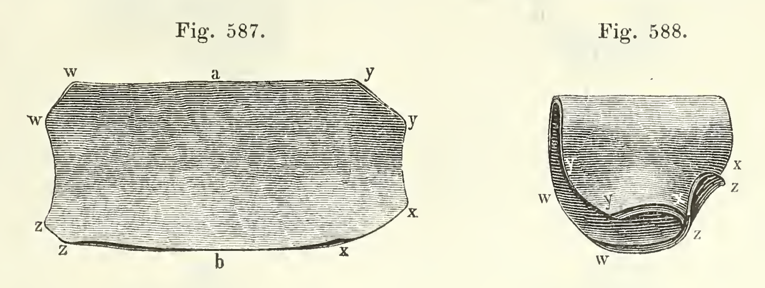
Fig. 584. Fig. 585. Fig. 586.

sehen, die eine (linke) Hälfte desselben etwas verkürzt, und schliesslich beide Hälften an der Kante etwas abgeschrägt. Das so vorgerichtete und zur Rothgluth erwärmte Stück wird nun längs der Linie *ab* über einen Dorn gebogen und die abgeschrägten Kanten *yby* um 90 Grad einwärts gebogen, wodurch eine Form wie Fig. 583 entsteht. Durch fortgesetzte Biegung über dem Dorne, bis die Kanten *yby* über einander greifen, entsteht die in Fig. 584 abgebildete Gestalt. Der bei *b* in Fig. 582 gegebene Einschnitt verhütet hierbei eine zu starke Materialanhäufung an dem Eckpunkte. Nun wird Schweisshitze gegeben, die beiden Lappen *xx* werden einwärts über einander gezogen, wodurch zwei correspondirende Rohrstutzen entstehen, und mit Hülfe eines Dorns und

Setzhammers wie in Fig. 585 ausgeschmiedet. Schliesslich wird das Stück äusserlich im Gesenke nachgearbeitet, der Glühspan und Grat durch gröbliches Befeilen entfernt, die Kanten auf der Drehbank gerade gedreht und das Schraubengewinde eingeschnitten (Fig. 586).

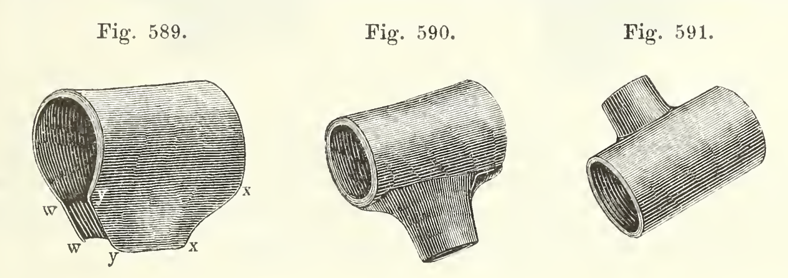
T-Stücke. Ein Stück Flacheisen wird durch schräges Abhauen der Ecken und Zuschärfen der dadurch entstandenen Kanten *ww*, *xx* u. s. f. wie Fig. 587 geformt und dann über einem Dorne längs der Linie *ab* gebogen, so dass es die Gestalt Fig. 588 erhält. Indem man jetzt die

Fig. 587. Fig. 588.




Kante *zz* einwärts biegt und über die ebenfalls einwärts gebogene Kante *xx* zieht (Fig. 589) und dann ebenso mit den gegenüberliegenden Kan-

Fig. 589. Fig. 590. Fig. 591.



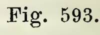

ten *yy* und *ww* verfährt, wird der Stutzen gebildet, dessen Fugen dann, wie es Fig. 590 zeigt, in Schweisshitze über dem Dorne mit dem Setzhammer vereinigt werden. Schliesslich wird das so entstandene T-Stück im Gesenke vollendet, auf der Drehbank an den Kanten abgestochen und mit Gewinde versehen (Fig. 591).

Kreuzungsstücke. Zur Herstellung derselben schmiedet man zunächst in ganz derselben Weise, wie soeben beschrieben wurde, ein T-Stück, haut oder schneidet dasselbe an der dem Stutzen gegenüberliegenden Seite durch einen der Achse parallelen Schnitt (vergl. Figur 592, a. f. S.) der ganzen Länge nach auf, biegt die durch den Schnitt getrennten Enden auf, so dass sie eine gerade Fläche bilden, auf welcher der Stutzen *a* senkrecht steht, schmiedet die vier Ecken dieses Stückes gerade so aus, wie diejenigen des Flacheisenstücks, Fig. 587, und erhält

dadurch ein eben solches Stück wie dieses, nur mit einem in der Mitte desselben befindlichen Rohrstutzen. Die weitere Verarbeitung stimmt

Fig. 592.

a



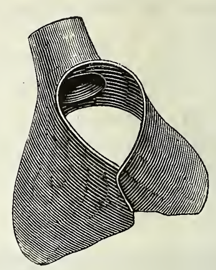


Fig. 593.

nun ganz mit derjenigen überein, durch welche ein T-Stück entstand. Man biegt das Eisenstück nach der dem Stutzen entgegengesetzten Seite

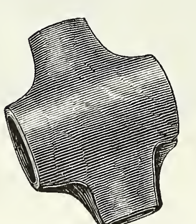


Fig. 594.

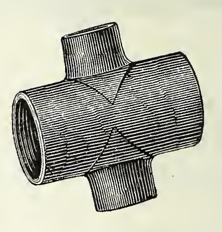


Fig. 595.

um, legt erst ein Paar abgeschrägter Ecken über einander, wie in Figur 593, dann auch das gegenüberstehende Paar und bildet in solcher Weise einen neuen Stutzen (Fig. 594); nun wird geschweisst und übrigens ganz ebenso verfahren wie bei den übrigen Stücken.

## Kupferröhren.

Die einfachste Darstellungsweise von Kupferröhren ist die, dass man einen Streifen Kupferblech zusammenrollt, die Fuge verlöthet und das in dieser Weise entstandene Rohr auf der Schleppzangenziehbank ohne starke Streckung auszieht, um es zu richten und insbesondere, um eine vollständige Rundung hervorzubringen.

Solche Röhren sind aber nicht für alle Fälle zu gebrauchen; insbesondere dann nicht, wenn eine bedeutende Dichtigkeit und Festigkeit verlangt wird, weil die gelöthete Stelle in dieser Beziehung niemals eine vollkommene Sicherheit bietet. Auf dieser Thatsache beruht die Anfertigung der sogenannten Kupferröhren ohne Naht. Dieselben lassen sich in zweierlei Weise darstellen.

Bei der ältern einfachern Methode giesst man einen hohlen Kupfercylinder mit dicker Wandstärke und streckt denselben durch Ausziehen auf der Schleppzangenziehbank oder im Röhrenwalzwerke wie es für geschweisste Eisenrohre benutzt wird. Die bekannte Schwierigkeit jedoch, aus Kupfer blasenfreien, dichten Guss zu erhalten, bildet eine schwache Seite dieses an und für sich einfachen Arbeitsverfahrens. Auch die Anwendung eines hohen verlorenen Kopfes erfüllt in diesem Falle den Zweck nur unvollkommen. Ein anderer angewendeter Kunstgriff, um dichten Guss zu erzielen, ist der, dass man die offene Gussform zunächst ohne Kern mit flüssigem Metalle anfüllt und dann erst von oben her den Kern einsenkt; oder man giesst einen vollen Cylinder und bohrt die Höhlung nach dem Erkalten aus. Letzteres Verfahren dürfte zwar das sicherste sein, giebt aber einen erheblichen Abfall von zerspantem Metall.

Dieser Uebelstand gab Veranlassung zu der Einführung eines zweiten Verfahrens, auf der Umformung des schon gehämmerten und dadurch verdichteten Kupfers im ungeschmolzenen Zustande beruhend. Aus höchstraffinirtem, reinem, also dehnbarem Kupfer stellt man durch Bearbeitung im Kupferhammer kreisrunde flache Scheiben von 15 bis 20 mm Stärke dar mit einem runden Loche in der Mitte, dessen Durchmesser etwas kleiner ist als die lichte Weite des Rohres werden soll. Diese Kupferscheiben bilden das Material für die fernere Verarbeitung. Die Umformung derselben durch Aufziehen — Aufbiegen des Randes — zu röhrenförmigen Körpern wird genau in der auf Seite 178 beschriebenen Art und Weise vorgenommen. Eine hydraulische Presse mit einer Leistung von 300 Atmosphären Druck nebst einer Anzahl entsprechend geformter Stempel und Matrizen dient als mechanisches Hilfsmittel für die Formgebung. Denkt man sich die in den Figuren 378 und 379 auf Seite 478 abgebildete Scheibe in der Mitte gelocht, so kann Fig. 378 die gehämmerte Materialscheibe vorstellen, während Fig. 379 das erste Stadium der Umformung veranschaulicht und Fig. 380 die Art und Weise vergegenwärtigt, in welcher diese Umformung vorgenommen wird. Die durch das einmalige Pressen mit aufgebogenem Rande versehenen Kupferscheiben haben in Folge dieser Formveränderung an Dehnbarkeit verloren und kommen aus diesem Grunde in einen Glühofen, um auf Rothgluth erhitzt und dann in Wasser abgelöscht zu werden, wodurch sie ihre frühere Dehnbarkeit wieder erlangen. Inzwischen werden der an der Kolbenstange befestigte Stempel und die Matrize der hydraulischen Presse mit etwas kleineren im Durchmesser vertauscht. In Folge hiervon entsteht bei der nun folgenden zweiten Pressung ein höherer Rand und verkleinerter Durchmesser des Kupferringes. Es folgt abermaliges Ausglühen und abermaliges Auswechseln von Stempel und Matrize. Dieses Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis ein röhrenförmiger Körper von 22 bis 30 mm innerm Durchmesser aber bedeutend grösserer Wandstärke und geringerer Länge entstanden ist, als das fertige Rohr besitzen soll.

Eine der wichtigsten Bedingungen für das Gelingen dieser Arbeit ist — natürlich neben der erforderlichen Güte des Kupfers — die richtige Abstufung in den Durchmessern der zur Anwendung kommenden Stempel nebst Matrizen, weil zu starke Uebergänge Faltenbildung oder Zerreissen, zu schwache Vertheuerung der Arbeit zur Folge haben würden.

Das so weit fertige dicke Rohr wird nun nach dem letzten Ausglühen mit Hilfe der auf S. 532 abgebildeten Schleppzangenziehbank gestreckt und in seiner Wandstärke verdünnt. Zu diesem Zwecke schiebt man den Dorn *n* nach rechts, legt das Rohr zwischen der Platte *o* und dem Zieheisen ein, schiebt den Dorn, welcher zur Begrenzung des Durchmessers im Lichten dient, sammt seiner Stange bis an das vordere Ende des Rohres, so dass er die in der Abbildung ersichtliche Lage erhält und dort durch den am andern Ende seiner Stange befindlichen, gegen *o* sich legenden Kopf festgehalten wird, und zieht nun das Rohr in seiner ganzen Länge durch das Eisen hindurch. Zum Erfassen des Rohrs mit der Zange steckt man einen schmiedeeisernen Kloben in die vordere Oeffnung desselben, welcher sich hinter den beim Pressen gebliebenen Rand des Rohres legt und in solcher Weise dasselbe hinter sich drein zieht. Das Ziehen wird so lange mit immer kleiner werdender Ziehöffnung wiederholt, bis der gewünschte Durchmesser erreicht ist.

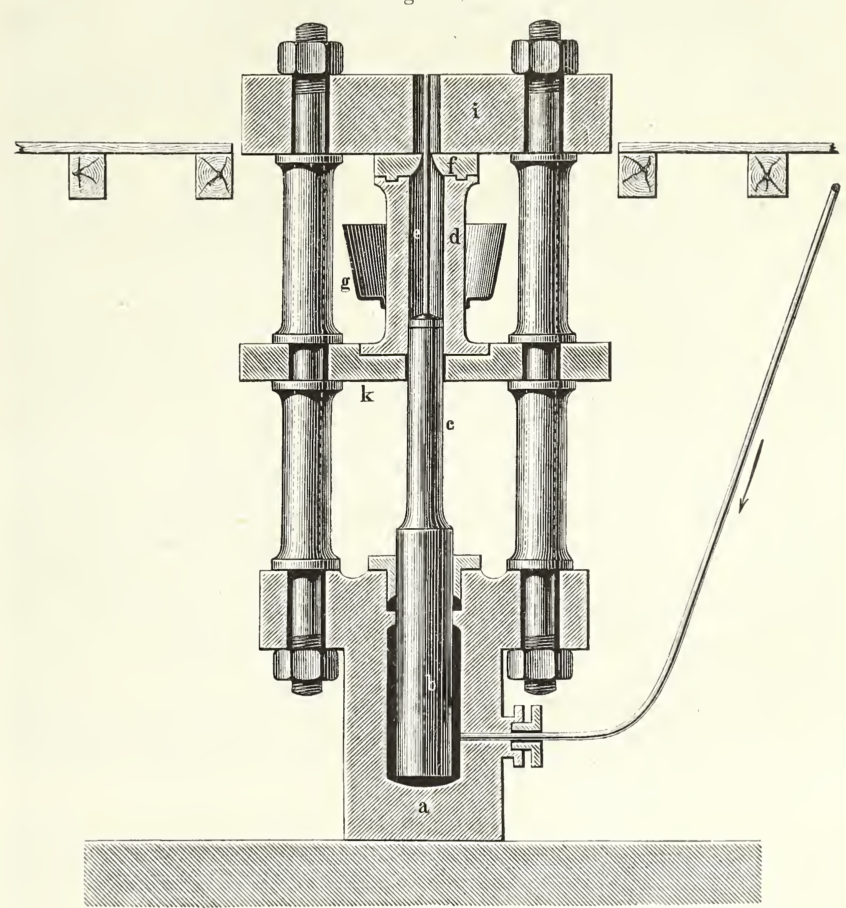
## Blei- und Zinnröhren.

Dieselben lassen sich ebenso wie Kupferröhren durch Ausstrecken eines gegossenen dicken Hohlcylinders auf der Ziehbank oder im Walzwerke darstellen. Diese ältere Methode hat jedoch längst einem Verfahren Platz gemacht, welches als ein interessanter Uebergang zwischen der Formgebung im geschmolzenen und der Formgebung im ungeschmolzenen Zustande eine etwas ausführlichere Besprechung verdient.

Fig. 596 stellt den für die Anfertigung dienenden Apparat — die Bleiröhrenpresse — dar. *a* ist ein hydraulischer Cylinder mit dem Kolben *b*, und durch das rechts erkennbare Druckrohr erhält derselbe von einer in dem Arbeitsraume aufgestellten doppelt wirkenden Druckpumpe aus das Betriebswasser, welches den Kolben empordrückt und nach beendigtem Hube durch das Gewicht desselben wieder zurückgedrückt wird, sobald man das betreffende Ventil öffnet. Der von dem Kolben ausgeübte Druck muss bis 150 000 kg betragen können. Oberhalb des Kolbens und mit demselben aus einem Stücke gegossen befindet sich ein zweiter Kolben *c* von kleinerm Durchmesser, welcher in dem glatt ausgebohrten, zur Aufnahme des flüssigen Metalls bestimmten Cylinder *d* sich bewegt. An dem obern Ende dieses Kolbens ist genau centrisch ein Stahldorn *e* eingesetzt, dessen Durchmesser gleich dem innern Durchmesser des anzufertigenden Rohrs ist. Zu oberst ist der Cylinder *d* durch

einen gleichfalls zum Auswechseln eingerichteten Deckel *f* mit einer centrischen trichterartigen Oeffnung geschlossen, deren kleinster Durchmesser dem äussern Durchmesser des anzufertigenden Rohres entspricht. Zur Aufnahme des ausgeübten Drucks dient schliesslich der oberhalb des Deckels *f* befindliche Pressholm *i* mit entsprechend weiter Durchgangsöffnung für das entstehende Rohr, welcher durch zwei kräftige Schrauben

Fig. 596.




mit dem Presscylinder verbunden ist und sich ohne Mühe entfernen lässt, damit der Cylinder *d* zugänglich bleibe. Zur Unterstützung des Cylinders *d* dient schliesslich der in der Mitte zwischen Presscylinder und Pressholm eingeschaltete gusseiserne Tisch *k*.

Bei einer andern für die Handhabung vielleicht bequemern Construction dieser Pressen befindet sich der Pressholm unterhalb des Cylinders *d* an Stelle des Tisches, so dass der Cylinder frei steht und

leichter zugänglich ist; selbstverständlich muss hierbei für eine genügende Befestigung des Cylinders auf dem Holme sowie des Deckels auf dem Cylinder gesorgt werden, um ein Abreissen durch den Druck des Kolbens unmöglich zu machen.

Wenn die Arbeit beginnen soll, wird der Cylinder *d* mit geschmolzenem Metalle gefüllt und die Presse in Bewegung gesetzt. Der Kolben steigt empor und drückt das Metall in ununterbrochenem Strome durch die ringförmige Mündung zwischen der Oeffnung des Deckels *f* und dem Dorne *e* heraus. Hierbei ist es nun von Wichtigkeit, dass das Metall, im Innern des Cylinders flüssig, im Augenblicke des Herauskommens erstarre, um seinen Zusammenhang zu bewahren, eine Bedingung, die sich bei einiger Uebung ohne Schwierigkeit erfüllen lässt. Die Länge des bei einem Hube der Maschine entstehenden Rohrs ist natürlich abhängig von seinem Durchmesser, seiner Wandstärke und dem cubischen Inhalte des als Behälter dienenden Cylinders *d*. Je kleiner der Durchmesser und die Wandstärke sind, desto grösser fällt die Länge aus, und man hat in dieser Weise 6 mm weite Röhren in einer Länge bis zu 250 m dargestellt. Oberhalb der Presse pflegt eine Trommel mit horizontaler Achse aufgestellt zu sein, auf welcher das herausgekommene Rohr aufgewickelt wird. Die Bewegungsgeschwindigkeit des letztern verhält sich zu derjenigen des Kolbens wie die Länge des Rohrs zu der Hubhöhe; hieraus folgt schon, dass die Kolbengeschwindigkeit eine verzögerte sein muss, so dass man durchschnittlich 30 Minuten als Zeitdauer eines Hubes, entsprechend der Anfertigung eines Rohres, rechnen kann. Damit nun während dieser Zeit das im obern Cylinder eingeschlossene Metall nicht vorzeitig erstarre, ist derselbe von einem Kohlenbehälter *g* eingeschlossen, welcher mit glühenden Holzkohlen angefüllt wird, um den obern Theil des Cylinders (in welchem das Metall vor dem Heraustreten sich befindet) warm zu erhalten.

Wenn der Hub beendet ist, zieht man das Ende des Rohrs von dem aus dem Holme vorstehenden Dorne ab, lässt den Kolben sinken und füllt den Cylinder *d* mit frischem Metalle, um in derselben Weise ein neues Rohr zu fertigen.

Bisweilen werden innen oder aussen verzinnte Bleirohre verlangt, um sie vor chemischen Einwirkungen zu schützen. Die Verzinnung lässt sich sehr leicht mit der Darstellung verbinden. Man schmilzt das Zinn und giesst eine genügende Menge desselben, sofern die Verzinnung im Innern des Rohres statthaben soll, beim Herauskommen des Rohrs in die Mündung desselben, wo es, da der Dorn das Hinunterfallen in den Cylinder verhindert, wie in einem Gefässe eingeschlossen ist. Die Innenfläche des Rohres tritt also in demselben Augenblicke, wo sie von dem langsamer fortschreitenden Dorne abgleitet, mit dem flüssigen Zinn in Berührung und überzieht sich hierbei mit einer dünnen Zinnschicht. Soll dagegen die Aussenseite verzinnt werden, so giesst man das flüssige Zinn auf den Holm rings um das austretende Rohr. Der niedrigere

Schmelzpunkt des Zinns ermöglicht es bei diesem Verfahren, dass dasselbe durch die stetig erneuerte Berührung mit dem heissen Rohre flüssig erhalten wird, ohne das Rohr selbst wieder zum Schmelzen zu bringen.

## Anfertigung der Schrauben und Schraubenmuttern.

Aus giessbaren Metallen lassen sich Schrauben und Muttern ohne Weiteres durch Giessen herstellen; doch sind diese Fälle im Allgemeinen nicht häufig. Bei Anwendung von Sand- oder Masseformen ist es unmöglich, den Schraubengewinden denjenigen Grad von Genauigkeit zu geben, welcher für alle feineren Schrauben erforderlich ist; beim Giessen in starren Gussschalen würde bei allen stärker schwindenden Metallen ein Abreissen der Gewinde zu befürchten sein, bevor der Abguss aus der Form entfernt werden kann. Grobe Pressschrauben für Saftpressen und dergleichen aus Gusseisen oder Bronze giesst man in Masse- oder Lehmformen nach einem Modelle oder auch ohne Modell mit Hilfe von Schablonen; Zinnschrauben (meistens als Verschlüsse dienend) giesst man in gusseisernen oder messingenen Gussformen, weil der geringe Schwindungscoëfficient und die Nachgiebigkeit des Zinns ein Zerreissen nicht befürchten lassen, und erreicht dabei, wenn die Gussform genau gearbeitet ist, scharfe und ausreichend genaue Gewinde. Auf Seite 306 wurde bereits erörtert, wie man beim Gusse solcher Zinnschrauben durch Anwendung des sogenannten Heissgusses und Abkühlung der Form von aussen die Entstehung scharfer Schraubengänge und dichten Gusses befördere.

Für die überwiegend grösste Zahl der überhaupt im technischen Leben zur Verwendung kommenden Schrauben bildet aus naheliegenden Gründen schmiedbares Eisen (Feinkorneisen oder weicher Stahl) das Material, und für diese ist schon in Rücksicht auf die Arbeitseigenschaften des genannten Metalls die Anfertigung durch Giessen ausgeschlossen. Durch Schmieden im Gesenke lässt sich eine Schraube darstellen; dieselbe leidet aber an dem nämlichen Fehler als die durch Giessen angefertigte, nämlich einer unvermeidlichen Ungenauigkeit der Gewinde, und daher kann auch diese Methode nur für ganz rohe Formen in Anwendung kommen.

In den allermeisten Fällen wird die Anfertigung der Schraube durch Einschneiden des Gewindes an dem Umfange eines vollen Cylinders, die Anfertigung der Schraubenmutter durch Einschneiden des Gewindes an der Innenfläche einer entsprechend weiten Cylinderöffnung mit Hilfe geeigneter Werkzeuge oder Maschinen bewirkt, und auf diese Weise ist es allein möglich, den Schraubengewinden den für die meisten Zwecke erforderlichen Grad von Genauigkeit zu geben.

Bevor die verschiedenen für die Herstellung der Schraubengewinde durch Schneiden benutzten Verfahrungsweisen besprochen werden können,

wird es erforderlich sein, auch auf die vorausgehende Formgebung, durch welche der Schraubenbolzen beziehentlich die Schraubenmutter ihre erste äussere Form erhalten, einen Blick zu werfen; und zwar sind hierbei vorzugsweise diejenigen Schrauben ins Auge gefasst — und diese bilden die Mehrzahl aller überhaupt benutzter Schrauben —, welche zur Verbindung zweier getrennter Stücke dienen sollen, bei denen also die Mutter in Rücksicht auf ihre Drehung durch den Schraubenschlüssel sechsseitig prismatische Form zu besitzen pflegt, während die Schraube mit einem gleichfalls sechsseitigen oder häufiger vierseitigen Kopfe versehen ist.

Bei der Anfertigung im Einzelnen werden die Schraubenbolzen und Muttern mit dem Handhammer geschmiedet. Gewöhnlich beuutzt man zur Herstellung der Bolzen einen Rundeisenstab von der Stärke, welche der rohe Schraubenbolzen erhalten soll, rollt ein Stück Flacheisen zu einem Ringe zusammen, schweisst denselben auf das Ende des Rundstabes, schmiedet ihn in einem Gesenke vier- oder sechskantig aus und haut dann den Bolzen in entsprechender Länge von dem Stabe ab. Bei kleineren Schrauben schmiedet man auch wohl aus einem Eisenstücke, welches den Querschnitt des Kopfes besitzt, durch Ansetzen und Strecken (S. 464) den Schaft aus; oder man dreht, insbesondere wenn sehr genaue Arbeit verlangt wird, auf der Drehbank so viel Metall unterhalb des Kopfes ab, bis die Schaftstärke herauskommt. Geschmiedete Schraubenmuttern werden in ganz ähnlicher Weise gefertigt wie die geschmiedeten Bolzen, nur benutzt man statt des Rundeisens einen eisernen Dorn, welcher, nachdem der Ring zusammengeschweisst und im Gesenke geschmiedet worden ist, herausgeschlagen wird und somit das durchgehende Loch in der Mutter zurücklässt. Sehr grosse Schraubenmuttern schmiedet man dagegen massiv und bohrt die Oeffnung hindurch.

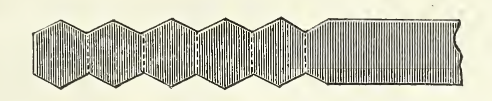
So vollkommene Resultate hinsichtlich der Qualität der dargestellten Waare diese Handarbeit auch zu liefern im Stande ist, so ist sie in den Fabriken, welche die Anfertigung von Schraubenbolzen und Muttern als Specialität betreiben, doch meistens durch Anwendung von Maschinen verdrängt. Dieselben sind theils Schmiedemaschinen nach Art der auf Seite 459 und 460 abgebildeten, mit Gesenken, in welchen die Form des Bolzenkopfs oder der Mutter ausgebildet wird, und einem Paar Messer (Schrotmeissel), welche das fertige Schmiedestück von der als Material dienenden Stange trennen [1]), oder häufiger Pressen, deren Stempel durch ein Excenter oder durch hydraulischen Druck bewegt werden, welche das schweisswarme Ende des hineingesteckten Bolzens stauchen und durch denselben Druck mit Hilfe eines passenden Gesenkes (Matrize) zu dem Kopfe ausbilden. Eine solche Maschine liefert täglich (in zehn Arbeitsstunden) 3000 bis 8000 Schraubenbolzen.

---

[1]) Abbildungen einer solchen Schmiedemaschine für Bolzen und Muttern in Dingler's polytechnischem Journal Bd. 196, S. 500.

Die Schraubenmuttern dagegen werden häufig durch Abschneiden von entsprechend façonnirtem gewalztem Eisen hergestellt, wie es Fig. 597 darstellt. Der betreffende Quadrateisenstab wird rothglühend in periodischen Kalibern zu der skizzirten Form ausgewalzt, durch Schnitte nach den punktirten Linien die Muttern losgetrennt und gelocht. Auch durch Ausstossen aus dem vollen Eisenstabe oder Bleche lassen sich Muttern herstellen, immerhin aber nicht ohne Materialverlust durch Schrote, während in der skizzirten Weise aller Verlust vermieden wird.

Fig. 597.



Endlich lassen sich auch aus Sechskanteisen durch Schnitte, welche rechtwinklig gegen die Achsenrichtung geführt werden, Muttern abtrennen, die entweder nachträglich gebohrt und weiter bearbeitet werden oder auch schon vor dem Lostrennen durch Bohren etc. der ganzen Stange ihre Form erhielten.

Die geschmiedeten, geprägten etc. Schraubenbolzen werden, wenn sehr genaue Arbeit erforderlich ist, insbesondere auch, wenn flache Schraubengänge geschnitten werden sollen, zur Herstellung genauer Cylinderflächen auf der Drehbank abgedreht, die Muttern mit der Reibahle ausgeräumt; für gewöhnliche Zwecke, insbesondere bei Anfertigung von Verbindungsschrauben, ist diese Arbeit meistens entbehrlich und man geht ohne Weiteres daran, das Gewinde zu schneiden.

Für diesen Zweck dient, wie bei allen Trennungsarbeiten, ein stählernes Werkzeug, von Hand oder durch Maschinen geführt, mit entsprechender Schneidkante versehen; zwischen Arbeitsstück und Werkzeug ist, wie gewöhnlich, eine doppelte Bewegung erforderlich, eine Drehung als Hauptbewegung und ein ununterbrochen thätiger Vorschub als Schaltbewegung. Das Verhältniss zwischen beiden Bewegungen oder mit anderen Worten das Maass der Schaltbewegung während eines einmaligen Umgangs bestimmt die Ganghöhe der Schraube und Mutter. Die Form der Schneide entspricht hierbei gewöhnlich dem Profile eines Schraubengangs; sie ist spitz, aus zwei unter einem Winkel von 53 bis 60 Grad zusammentretenden Schneidkanten gebildet (Fig. 430 auf S. 554) für sogenannte scharfe Gewinde; rechtwinklig, aus drei unter rechten Winkeln zusammentretenden Schneidkanten bestehend (wie in Fig. 429 auf S. 554) für sogenannte flache Gewinde [1]).

Nun ist aber die Tiefe des Schraubengangs meistens eine solche, dass es aus früher erörterten Gründen unzweckmässig sein würde, durch

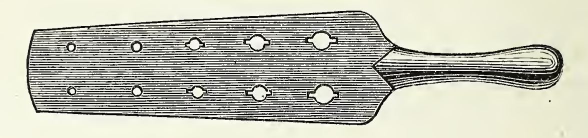
[1]) Bei der sogleich zu besprechenden Anwendung der Feile zum Einarbeiten der Schraubengewinde findet von dieser Regel insofern eine Ausnahme statt, als hier nicht die Form des einzelnen Zahns, sondern die Form der mit Zähnen besetzten Fläche und die Art der Handhabung der Feile das Profil des Schraubengewindes ausbildet.

Abnahme eines einzigen starken Spans dasselbe auszuarbeiten und man es meistens vorzieht, mehrere schwache Späne nach einander loszutrennen, bis die erforderliche Gangtiefe erreicht ist. Zu diesem Zwecke lässt man entweder das Werkzeug nach beendigtem einmaligen Durchgange eine Ruckbewegung normal gegen die Fläche des Arbeitsstücks und dann einen zweiten Schnitt ausführen; oder man versieht das Werkzeug mit mehreren nach einander zur Wirkung gelangenden Schneiden, deren folgende stets um das Maass einer Spanstärke länger ist als die vorausgegangene, so dass bei der Arbeit unmittelbar ein Span nach dem andern losgetrennt wird. Selbstverständlich müssen in diesem Falle die auf einander folgenden Schneiden um das Maass der Ganghöhe von einander entfernt sein, welche die anzufertigende Schraube oder Mutter erhalten soll.

Die gebräuchlichsten zum Schneiden der Schraubengewinde angewendeten Werkzeuge und Geräthe sind folgende.

**Die Feile** (nur für Schraubenspindeln, nicht für Schraubenmuttern verwendbar). Auf der Aussenfläche des cylindrischen Stifts (der Spindel, des Bolzens) wird mit der Reissnadel die Schraubenlinie angezeichnet und dann mit einer dreikantigen Feile das Gewinde längs dieser Linie eingefeilt. Das Verfahren ist zeitraubend und auch in Rücksicht auf die Kostspieligkeit der Feile nicht billig; dennoch findet es nicht seltene Anwendung, wenn einzelne Holzschrauben (welche in Holz eingeschraubt werden, also keine Mutter erhalten) gefertigt werden sollen; z. B. in Eisengiessereien für das Herausheben hölzerner Modelle und dergleichen.

Fig. 598.



Das **Schneideisen** oder die **Schneidklinge** Fig. 598. Eine flache gehärtete Stahlplatte, 50 bis 150 mm lang, 15 bis 50 mm breit mit einem Stiele an einer oder auch an beiden Seiten enthält eine Anzahl durchgehender kreisrunder Löcher von verschiedenen Durchmessern mit Muttergewinde; und zwar sind dieselben derartig angeordnet, dass die feinsten am vordern Ende des Schneideisens, wo dasselbe die geringste Stärkeabmessung besitzt, die gröbsten am Stielende sich befinden, bis wohin das Schneideisen keilartig stärker wird. Erfahrungsgemäss soll nämlich jedes Schraubenloch drei bis höchstens fünf Schraubengänge enthalten. Da aber die Feinheit des Gewindes mit dem Lochdurchmesser ab- und zunimmt, muss, damit jener Bedingung genügt werde, auch die Stärke der Platte zu dem Lochdurchmesser in bestimmtem Verhältnisse stehen und beträgt $^2/_3$ bis $^1/_1$ desselben. Um Schneidkanten zu bilden und zugleich das Austreten der Spänchen zu ermöglichen, sind die

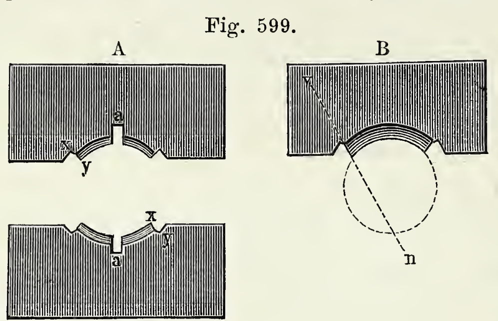
grösseren Löcher meistens mit zwei radial gerichteten seitlichen Einschnitten versehen; bei den kleinsten Löchern fehlen dagegen gewöhnlich diese Einschnitte. Bei der Benutzung legt man das Schneideisen mit der entsprechend weiten Oeffnung in horizontaler Lage auf die im Schraubstocke aufrecht befestigte, mit Oel benetzte Spindel (Draht) und dreht sie, anfänglich mit schwachem Drucke, im Kreise herum; oder man erfasst die Spindel mit dem Feilkloben und dreht sie in dem festgehaltenen Schneideisen. Es ist einleuchtend, dass innerhalb derjenigen Löcher des Schneideisens, welche jene erwähnten Einschnitte an der Seite nicht besitzen, auch von einem eigentlichen Schneiden gar nicht die Rede sein kann, die Gewinde vielmehr fast nur durch Pressen ausgebildet werden, indem die erhabenen Gänge des Werkzeugs sich in das Material eindrücken, dasselbe zur Seite schieben und so das Profil des Schraubengangs erzeugen; die trotzdem entstehenden Spänchen werden vorzugsweise durch die Unebenheiten in den Schraubengängen des Werkzeugs losgetrennt. In Folge dieses Vorgangs wird der äussere Durchmesser der erzeugten Schraube etwas grösser ausfallen als derjenige der benutzten Spindel. Aber auch in jenen Schraubenlöchern, welche durch die radialen Einschnitte Schneidkanten erhalten hatten, ist die Wirkung der letzteren in Rücksicht auf den stumpfen Schneidwinkel keineswegs kräftig. Daher ist das Schneideisen nur zur Herstellung feiner Schraubengewinde an dünnen Spindeln zu gebrauchen — für diese sogar unentbehrlich — und man rechnet 5 mm Durchmesser der Schraube als das Maximum, bei welchem das Schneideisen noch Verwendung finden kann.

Die **Schneidbacken** oder **Schraubenbacken.** Dieselben können als eine durch zwei oder drei senkrechte Schlitze in eben so viele Theile zerlegte Schraubenmutter aus gehärtetem Stahle gedacht werden, wobei an den Durchschnittsstellen jener Schlitze mit der Innenfläche der Mutter Schneidkanten gebildet werden. Hierbei ist nun zu beachten, dass eine grosse Länge der Schneiden (in der Bewegungsrichtung gemessen) nicht allein überflüssig ist, sondern durch erhöhte Reibung sogar nachtheilig wirkt, es also zweckmässig ist, durch grössere Breite der Einschnitte, wodurch zugleich das Austreten der Spänchen erleichtert wird, die Schneiden zu verkürzen. Man giebt also bei einer Theilung durch zwei Schnitte jeder der entstehenden beiden Backen einen Bogen von 90 bis 120 Grad. Vortheilhafter ist es jedoch, statt der zwei Backen deren drei, also ebenso viele Einschnitte anzuwenden, wodurch nicht allein die Reibungsfläche zwischen Werkzeug und Arbeitsstück noch mehr verringert und das Austreten der Späne noch mehr erleichtert, sondern auch die Genauigkeit des Schneidens befördert wird, da jetzt drei Angriffspunkte vorhanden sind, welche den Kreis festlegen. In diesem Falle genügt es, den Schneiden Bögen von 10 bis 35 Grad zu geben.

Die Nothwendigkeit, die Schneiden einander nach beendigtem einmaligem Schnitte zu nähern, um einen zweiten Schnitt auszuführen, ist

die Veranlassung, dass zwei, beziehentlich drei vollständig selbstständige, durch jene Einschnitte oder Furchen von einander getrennte Theile, welche eben Backen genannt werden, erforderlich sind; um jedoch das Schneiden noch ferner zu erleichtern, ist es, besonders bei Anwendung von nur zwei Backen, üblich, jede derselben mit noch einem kürzern, in dem vollen Metalle ausgespartem Einschnitte zu versehen (*aa* in Fig. 599 *A*). Legt man die Begrenzungslinien der die Schneidkanten erzeugenden Einschnitte (in Fig. 599 die kurzen Linien *xy*) radial, so wird der Schneidwinkel = 90 Grad, die Wirkung mithin eher schabend als schneidend. Zweckmässiger dürfte es daher sein, eine Zuschärfung des Schneidwinkels anzubringen, indem man den Einschnitt durch eine Sehne begrenzt, wie es die Linie *vn* in Fig. 599 *B* andeutet.

Fig. 599.




Die Schneidbacken für flache Gewinde pflegen 5 bis 6, diejenigen für scharfe Gewinde 6 bis 15 Schraubengänge über einander zu enthalten. Der Hauptschnitt wird also nur durch die Schneide des untersten Ganges ausgeführt; die folgenden Gänge laufen in dem entstandenen Einschnitte weiter und sichern dadurch die normale Vorwärts- (Schalt-) bewegung der Backen gegen das Arbeitsstück. An denjenigen Stellen des durch die erste Schneide erzeugten Gewindeganges, wo der Schnitt unvollkommen ausgefallen war, kommen jedoch auch die Schneiden der oberen Gänge zum Angriffe, abermals Spänchen abnehmend und die Arbeit vervollkommnend.

Der Hauptvortheil der Schneidbacken gegenüber dem Schneideisen liegt in ihrer Verstellbarkeit gegen einander, welche es möglich macht, durch mehrere nach einander ausgeführte Schnitte mit immer mehr genäherten Schneiden weit tiefere Gewinde als mit jenem zu schneiden. Diese Eigenthümlichkeit macht die Backen (nebst dem sogleich zu besprechenden Geräthe zur Handhabung derselben) zu dem am meisten benutzten Werkzeuge beim Schneiden von Schrauben mittlern Durchmessers; eben jene nothwendige Verstellung der Backen gegen einander bildet aber eine Ursache, dass vollständig genaue Gewinde mit Hilfe der Backen nicht geschnitten werden können. Es wird dieses sofort einleuchten, wenn man sich vergegenwärtigt, dass der Steigungswinkel des Schraubengangs, welchen die Schneide der Backen auf dem Umfange der Schraubenspindel beschreibt, immer grösser wird, je tiefer die Schneide eindringt, je näher die Backen einander gestellt werden; denn da die Höhe des Ganges stets dieselbe bleibt, die Länge des Wegs der Schneide bei einmaligem Umgange aber immer kürzer wird, muss der Steigungs-

winkel wachsen. Wenn $r$ der Halbmesser der Spindel bis an die Innenkante des Gewindes (Halbmesser des Kerns), $s$ die Tiefe des Gewindes, also $r + s$ der Halbmesser bis an die Aussenkante des Gewindes, und $h$ die Höhe des Schraubengangs ist, so ist die Tangente des Steigungswinkels $\alpha$ der Schneide beim Beginne des Schnitts

$$tg\,\alpha = \frac{h}{2\,(r + s)\,\pi}$$

und die Tangente des Steigungswinkels $\beta$ bei Vollendung des Gewindes

$$tg\,\beta = \frac{h}{2\,r\,\pi}.$$

Je tiefer der Schraubengang (je grösser $s$) und je bedeutender die Höhe ist, desto merklicher wird dieser Unterschied ausfallen; also bei Schrauben mit mehreren Gängen und mit flachem Gewinde empfindlicher sich zeigen als bei den gewöhnlichen eingängigen Schrauben mit scharfem Gewinde. Beispielsweise möge erwähnt werden, dass bei einer Schraube mit flachem Gewinde von 24 mm äusserm, 18 mm Kerndurchmesser und auf 24 mm Länge mit vier Schraubengängen der Unterschied des Steigungswinkels $1\frac{1}{2}$ Grade, bei scharfem Gewinde mit acht Gängen auf 24 mm Länge $\frac{1}{2}$ Grad beträgt [1]).

Zur Befestigung beziehentlich auch Bewegung der Schneidbacken bedarf es einer Vorrichtung, mit deren Hilfe man zugleich im Stande sein muss, die Näherung derselben gegen einander nach einmaligem Schnitte auszuführen. Für Handarbeit dient für diesen Zweck die Kluppe, Schraubenkluppe oder Schneidkluppe. Dieselbe wird durch einen Rahmen aus Schmiedeeisen oder Messing gebildet, mit einer oder häufiger zwei Handhaben versehen, in welchen die Backen sich leicht in entsprechender Lage einsetzen und mit Hilfe von Führungsleisten in derselben Ebene gegen einander verschieben lassen. Eine für zweibackige Kluppen gebräuchliche, wenn auch nicht gerade sehr vollkommene Einrichtung der Kluppe ist in Fig. 600 (a. f. S.) abgebildet und wird einer Erläuterung nicht bedürfen. Die Druckschraube, welche gegen die eine Backe drückt, dient zur Verstellung derselben nach jedem Durchgange. Abweichende Constructionen sind zahlreich. Bei drei- und mehrbackigen Kluppen ist es von Wichtigkeit, die concentrische Stellung der Backen gegen einander bei der Verstellung zu sichern. In recht hübscher Weise wird dieses Problem in einer von S. E. Reinecker in Chemnitz verbesserten Schneidkluppe gelöst [2]), deren Einrichtung dem Principe des Schneidkopfs der unten beschriebenen Sellers'schen Schraubenschneidmaschine nachgebildet ist. Auf den Backen liegt nämlich eine drehbare kreisrunde Scheibe; die schmalen Backen haben jede einen concentrischen kreis-

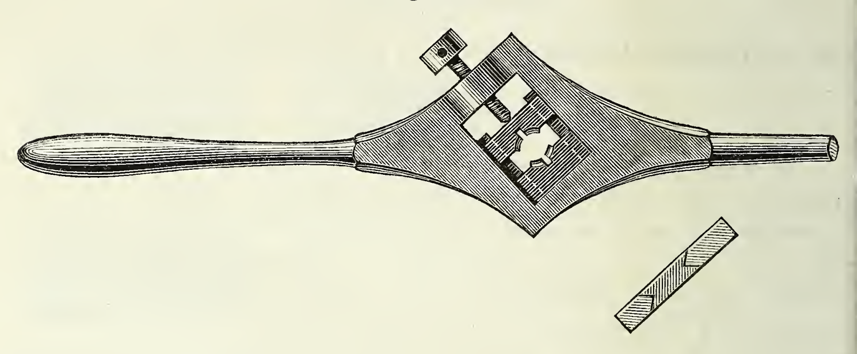
---

[1]) Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, Bd. 1, S. 329.

[2]) Beschrieben und abgebildet in Dingler's polytechnischem Journal Bd. 223, S. 569.

bogenförmigen Einschnitt an der gegen die Scheibe gerichteten Seite, und in jeden dieser Einschnitte greift eine an die Scheibe angegossene längere kreisbogenförmige aber excentrische Leiste. Es ist ersichtlich, dass bei Drehung der Scheibe gleichmässige Verschiebung der Backen nach ein- oder auswärts stattfinden wird.

Fig. 600.



Beim Schneiden mit der Schraubenkluppe wird gewöhnlich der zu schneidende Schraubenbolzen senkrecht in den Schraubstock eingespannt, das obere Ende desselben zwischen die Backen der Kluppe geklemmt und nun dieselbe, anfänglich unter sanftem Drucke, gedreht. Sobald erst ein Gang geschnitten ist, nimmt sie von selbst die richtige Schraubenbewegung an. Zur Erleichterung des Schneidens wird die Spindel mit Oel benetzt. Ist die Kluppe am Ende des Gewindes angelangt, so dreht man zurück, nähert die Backen einander und beginnt einen neuen Schnitt; u. s. f.

Bei fabrikmässiger Anfertigung von Schrauben ersetzt man die Kluppe durch die von Elementarkraft getriebene Schraubenschneidmaschine. Auch bei dieser bilden Schneidbacken, welche nach jedem Schnitte gegen einander verstellt werden können, das schneidende Werkzeug; aber die Drehung des Werkzeugs oder Arbeitsstücks erfolgt durch die Maschine.

Es giebt eine grössere Anzahl solcher Schraubenschneidmaschinen, sämmtlich darin übereinstimmend, dass die Schneidbacken — gewöhnlich zwei oder drei — in einem Kopfe verstellbar befestigt sind, der zu schneidende Bolzen aber in einem Halter eingespannt wird, welcher seine richtige Lage in der verlängerten Achse des Schneidkopfs sichert. Beide Hauptttheile der Maschine werden von einem gemeinschaftlichen Bette oder Gerüste getragen und der Antrieb erfolgt von einer Transmission aus auf einen der beiden Theile, während der geradlinige Vorschub wie beim Schneiden mit der Kluppe anfänglich von Hand, sobald aber ein Schraubengang geschnitten ist, durch die Gewinde der Backen selbst ausgeführt wird. Im Uebrigen kann man folgende Hauptgattungen der Schraubenschneidmaschinen unterscheiden.

1. Aeltere Systeme. Der Schneidkopf (die Kluppe) rotirt, der Bolzen macht die Längsbewegung; oder auch der Bolzen dreht sich und der Schneidkopf rückt gegen denselben vor. Nach beendigtem Durchgange findet — gewöhnlich mit Hilfe zweier verschiebbaren (offenen und gekreuzten) Riemen — Umsteuerung statt, und die Maschine schneidet vorwärts und rückwärts, sobald bei der Umsteuerung die Schneidbacken entsprechend verstellt werden. Diese Maschinen sind in verschiedenartigen Ausführungen in zahlreichen Fabriken vertreten.

2. Whitworth'sches System. Der Schneidkopf steht fest, der Bolzen macht beide Bewegungen. Auch bei diesen Maschinen findet nach Beendigung des Schnitts Umsteuerung und Rückwärtsschneiden statt.

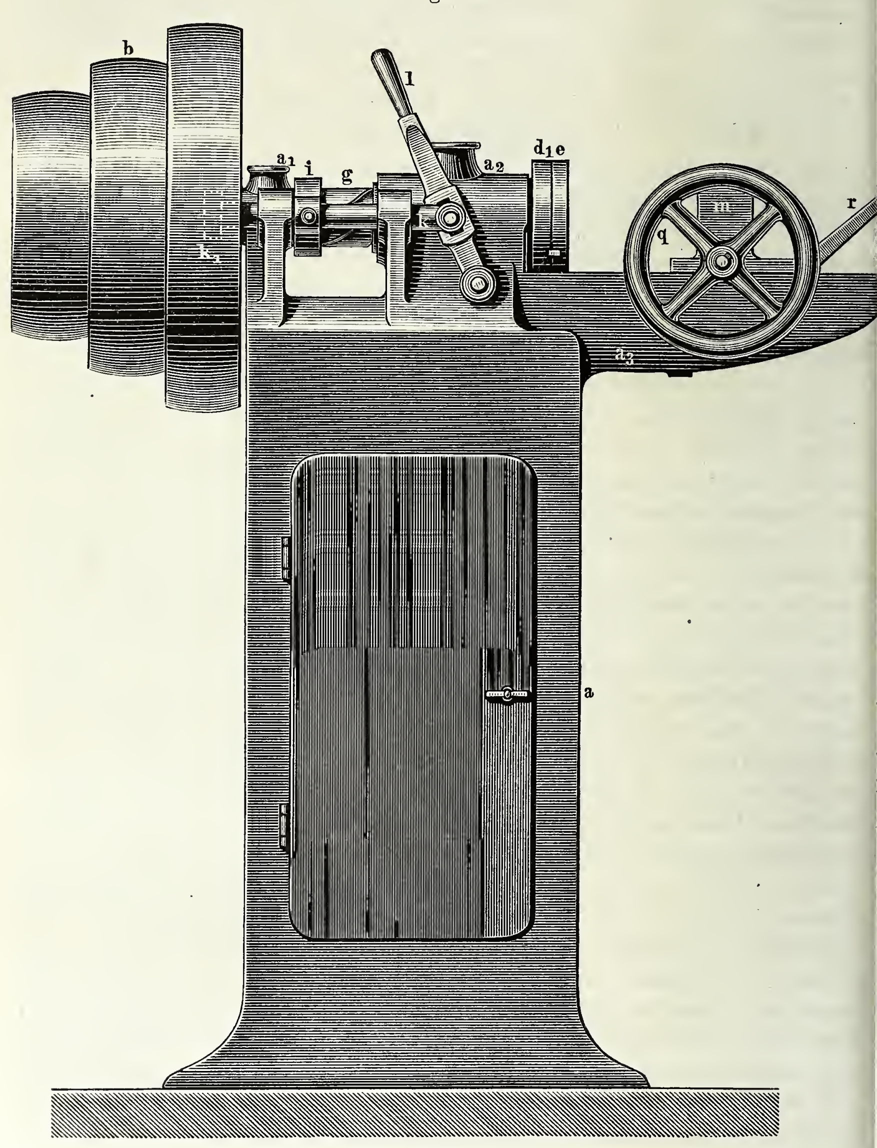
3. Sellers'sches System. Die Schneidbacken machen die Hauptbewegung, der Bolzen die Vorwärtsbewegung (wie bei vielen Maschinen der älteren Systeme). Charakteristisch für die Maschinen dieses Systems ist, dass sie das Gewinde nicht wie die übrigen Maschinen allmälig bei abwechselndem Vor- und Rückwärtsgange, sondern mit Hilfe allmälig länger werdender Schneiden in den Backen mit einmaligem Durchgange einschneiden. Bei Beendigung des Schnitts lassen sich die Backen öffnen, wodurch der Bolzen frei wird und mit dem Halter zurückgeführt werden kann; dadurch wird eine Rückwärtsdrehung, also Umsteuerung, der Maschine entbehrlich.

Eine kleine Maschine des letztern Systems, aus der Fabrik von Gschwindt & Zimmermann in Carlsruhe[1]), ist in den Figuren 601 bis 606 abgebildet (Figuren 601 bis 603 in $^1/_8$ der wirklichen Grösse, Fig. 604 bis 606 in $^1/_4$ der wirklichen Grösse). Auf dem gusseisernen Fusse $a$, welcher hier Ständerform besitzt, und, mit einer Thür versehen, zugleich als Werkzeugschrank dienen kann, befinden sich angegossen die Lager $a_1$ und $a_2$ für die Betriebswelle sowie an der Vorderseite das consolenförmige Bett $a_3$ für den Halter des Arbeitsstücks. Der Antrieb erfolgt durch die Stufenscheibe $b$, welche auf der hohlen Welle $c$ aufgekeilt ist. Diese trägt an der vorderen Seite den mit ihr in einem Stücke gefertigten Kopf $c_1$, mit drei radialen Schlitzen an der Vorderseite versehen, in welchen eben so viele Schneidbacken zu liegen kommen (vergleiche Fig. 606, die vordere Ansicht des Kopfes darstellend, und Fig. 604, den Schnitt durch denselben). Um nun die Kluppe rasch öffnen und schliessen, d. h. die Backen gleichmässig von einander entfernen und einander nähern zu können, befindet sich vor dem Kopfe $c_1$, aber ohne feste Verbindung mit demselben, der Deckel $e$, dessen innere, dem Kopfe zugewendete Seite in Fig. 605 abgebildet ist. Wie man sieht, befinden sich auf derselben drei vorspringende, innen excentrisch ausgedrehte Borde $e_1$, welche hinter die Aussenkante der in den Kopf eingelegten Backen greifen und drei schmale, zu den excentrischen Innenflächen parallele und ebenfalls gedrehte Leisten $e_2$, welche in entspre-

1) Hart, Werkzeugmaschinen, Taf. 57.

chende Nuthen der Backen (vergleiche unten die Abbildung einer Schneidbacke in Fig. 607) eingreifen. Somit werden in Folge der Excentricität dieser Borde und Leisten sämmtliche drei Backen gleichzeitig ein- oder

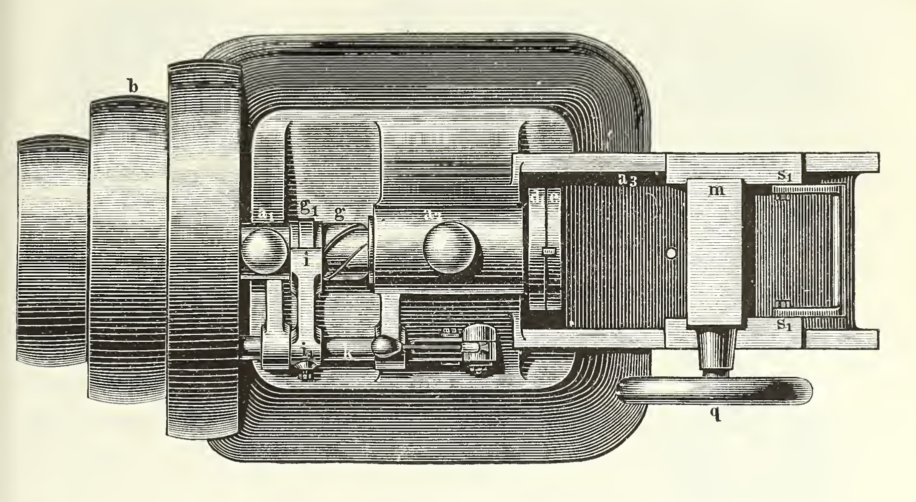
Fig. 601.




auswärts bewegt werden, je nachdem die Drehung nach links oder rechts erfolgt; um bei vollständiger Oeffnung der Kluppe ein Herausfallen der Backen aus den zwischen den Borden gelassenen und zum Einstecken

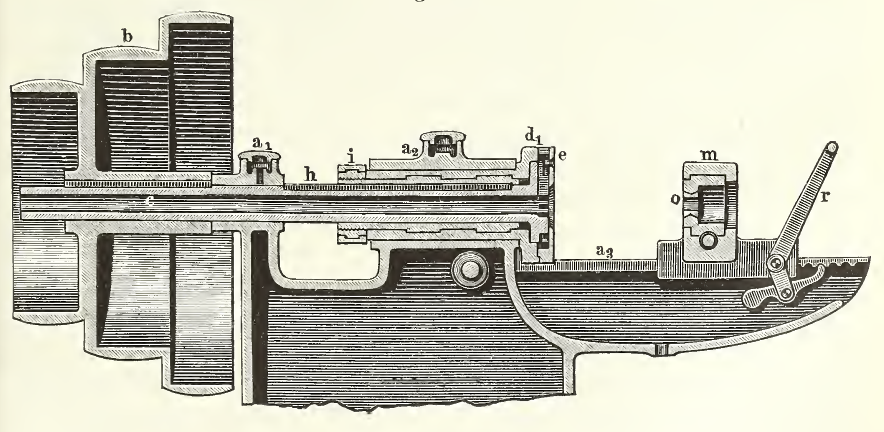
der Backen dienenden Schlitzen zu verhüten, sind die letzteren durch eingeschraubte Stifte *f* abgesperrt, welche sich leicht entfernen lassen, wenn die Backen behuf der Auswechselung herausgenommen werden sollen.

Fig. 602.




Während des Ganges der Maschine muss natürlich, so lange das Gewinde geschnitten wird, Verstellung der Backen nicht eintreten soll,

Fig. 603.




der Deckel $e$ dieselbe Bewegung wie der Kopf $c_1$ machen; er muss dagegen eine relative Drehung gegen $c_1$ erhalten, ohne dass die Maschine zum Stillstande kommt, sobald der Schnitt beendet ist und ein neuer beginnen soll. Diese Aufgabe wird nun in folgender Weise gelöst. Der Deckel $e$ ist auf dem vordern Ende einer hohlen Spindel $d$ befestigt,

welches über den Kopf $c_1$ ohne feste Verbindung mit demselben hinweggreift; die Innenfläche dieser Spindel $d$ ist mit einem doppelten, sehr

Fig. 604.

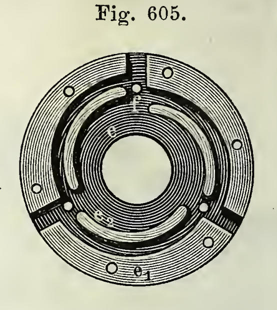


Fig. 605.

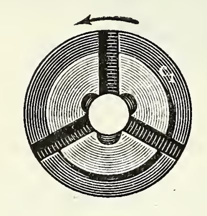


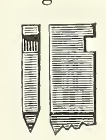
Fig. 606.

steilen Muttergewinde versehen, welches über ein entsprechendes Schraubengewinde an der Aussenfläche der zwischen $d$ und der Betriebswelle $c$ eingeschobenen Röhre $g$ greift (in den Abbildungen Fig. 601 und 602 ist diese Schraube in einem Theile ihrer Länge sichtbar). Die Röhre $g$ ist durch Nuth und lange Feder mit der Betriebswelle $c$ verbunden, so dass sie eine Längsverschiebung auf derselben erträgt, gleichzeitig aber jede Drehung derselben mitmacht. So lange eine Verschiebung der Röhre $g$ nicht stattfindet, überträgt sie die von $c$ aufgenommene Bewegung auf die äussere Spindel $d$ und durch diese auf den Deckel $e$; Schneidkopf und Deckel drehen sich also in gleicher Weise, die Backen beharren in ihrer Lage. Sobald aber $g$ auf $c$ nach einer oder der andern Richtung verschoben wird, muss durch Wirkung der Schraube eine relative Drehung von $d$ und dem Deckel $e$ gegen $c$ und $c_1$ stattfinden; und zwar werden, wenn das Rohr aus der in den Figuren 603 und 604 gezeichneten Lage nach links (in die Stellung der Fig. 601 und Fig. 602) geschoben wird, die Backen sich nach auswärts bewegen, die Kluppe geöffnet und der Bolzen frei werden; wenn die Bewegung des Rohrs nach rechts erfolgt (aus der Stellung der Figuren 601 und 602 in die Stellung 603 und 604), werden die Backen zusammenrücken, die Kluppe sich schliessen, der neu eingesteckte Bolzen erfasst werden. Damit diese Verschiebung rasch und sicher bewerkstelligt werden könne, trägt das Rohr $g$ an seinem linken Ende den aufgeschraubten Bundring $g_1$, welcher von dem halbrunden Mitnehmer $i$ (Fig. 602) erfasst wird. Der Arm des letztern ist mit einem Ringe $i$ über die in zwei Lagern horizontal geführte Stange $k$ geschoben und durch eine Stellschraube befestigt; $k$ aber wird durch den Handhebel $l$ verschoben. Beim Arbeiten hält der Arbeiter den Griff des Hebels mit der linken Hand, während die rechte die Führung des Bolzenhalters übernimmt. Beim Beginne des Schneidens zieht er den Hebel

nach rechts und schliesst dadurch die Kluppe, bei Beendigung des Schnitts drückt er den Hebel nach links und lässt dadurch den Bolzen frei. Dem verschiedenen Durchmesser und der Gewindetiefe der Bolzen muss natürlich das Maass dieser Verstellung entsprechen. Damit dieselbe genau eingestellt werden könne, ist der Mitnehmer $i$ an der Stange $k$ verstellbar und diese an ihrem linken Ende mit einem Anschlagkopfe $k_1$ versehen (Figuren 601 und 602), welcher gegen den Arm des Lagers $a_1$ stösst und dadurch die Verschiebung nach rechts begrenzt. Je näher dem Kopfe $k_1$ nun die Hülse $i_1$ des Mitnehmers $i$ eingestellt wird, desto früher wird die Bewegung des Schraubenrohrs von links nach rechts begrenzt werden, desto schwächer wird die Einwärtsschiebung der Backen ausfallen, desto weniger tief kann das Gewinde werden. Die Stange $k$ ist nun zur genauen Bestimmung der Stellung von $i$ mit einer Scala, von links nach rechts gehend, versehen. Stellt man die rechte Kante der Hülse $i_1$ auf dem Nullpunkte ein, so stösst schon bei ganz geöffneter Kluppe der Kopf $k_1$ an das Lager und gestattet gar keine Verschiebung; je weiter nach rechts, um so grösser ist die Verschiebung des Schraubenrohrs und der Schneidbacken.

Damit der Schnitt in einem Durchgange vollendet werden könne, müssen die Schneidbacken etwas abweichend von den bisher besprochenen geformt sein, die Schneiden in den Gewinden derselben müssen allmälig länger werden, damit die jedesmalige Spanstärke nicht zu bedeutend ausfalle und in jedem folgenden Gewinde ein neuer Span genommen werde. Wie aus Fig. 607 hervorgeht, erreicht man diesen Zweck sehr einfach,

Fig. 607.



indem man die Vorderkante der Gewinde in den Backen nach einer Kegelfläche abstumpft, so dass erst die oberen zuletzt zum Eingriffe kommenden Gewinde und Schneiden ihre volle Länge behalten. Diese Einrichtung, durch welche zugleich die oben geschilderte, aus der allmäligen Näherung der Backen beim Schneiden hervorgehende Ungenauigkeit der Gewinde in Wegfall kommt und durch welche die Zeitdauer des Schneidens abgekürzt wird, verdient jedenfalls alle Beachtung auch hinsichtlich ihrer Anwendung für andere Schraubenschneidmaschinen und Geräthe [1]).

Die an der Vorderseite des Ständers angegossene Console ist mit zwei seitlichen, an der obern Seite glatt gehobelten, Wangen $a_3$ versehen, auf welchen der Bolzenhalter $m$ mit zwei Füssen $s_1$ in der Achsenrichtung der Maschine schlittenartig verschiebbar ist. Diese Bewegung erfolgt von Hand mit Hilfe des Bügels $r$ (die Vorwärtsbewegung beim Schneiden selbstthätig durch die Gewinde der festgehaltenen Backen); um jedoch beim Beginne des Schneidens einen kräftigern Druck gegen die Kluppe ausüben zu können, sind die überstehenden Borde der Wangen $a_3$ an

[1]) Dieselbe ist unter anderen auch bei den Backen der oben beschriebenen Reinecker'schen Kluppe in Anwendung.

der untern Seite zahnartig geformt und der in $s_1$ drehbare Bügel an jeder Seite mit einem zweiten Hebelarme versehen, welcher durch je einen Schalthaken *s* Eingriff in die Verzahnung erhält. So ist, sobald der Bügel nach links gedrückt wird, nicht allein die Rückwärtsbewegung des Schlittens behindert, sondern es wird auch der Schlitten gegen die Kluppe vorgeschoben und bringt somit die ersten Schneiden derselben zum Eingriffe auf den eingespannten Bolzen. Damit die Mittellinie des Bolzens stets genau mit der verlängerten Achse der Kluppe zusammenfalle und ein rasches Einspannen des erstern ermöglicht werde, ist der Halter nach Art der auf Seite 38 abgebildeten und beschriebenen Centrirmaschine construirt, d. h. zwei horizontale Gleitstücke (vergl. Fig. 603) werden durch eine Schraube mit rechtem und linkem Gewinde, welche in Fig. 603 im Durchschnitte erkennbar ist, von dem Handrade *q* aus symmetrisch ein- oder auswärts bewegt und erfassen bei der Bewegung nach einwärts mit zwei auswechselbaren Klemmbacken *o* den dazwischen gesteckten Bolzenkopf.

Die zum Tragen des Bolzenhalters dienende Console hat eine muldenförmige Gestalt zu dem Zwecke, das beim Schneiden von den Bolzen abtropfende Oel anzusammeln, welches dann von Zeit zu Zeit durch die an der tiefsten Stelle angebrachte und durch einen Pfropfen verschliessbare Oeffnung abgelassen wird.

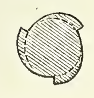
Die abgebildete Maschine ist zum Schneiden von Schraubenbolzen bis zu etwa 20 mm Durchmesser geeignet, wobei die Schneiden eine Umfangsgeschwindigkeit von circa 25 mm per Secunde erhalten.

**Der Gewindebohrer.** Wie man die Schneidklinge und mehr noch die zu einander gehörigen Schneidbacken als eine Schraubenmutter betrachten kann, welche durch entsprechend geformte Einkerbungen mit Schneiden versehen worden ist, so stellt umgekehrt der Gewindebohrer eine aus gehärtetem Stahle bestehende Schraube dar, welche ebenfalls durch der Achsenrichtung parallel laufende Einkerbungen von geeigneter Form Schneiden erhalten hat. Während also die Schneidklinge und die Schneidbacken ausschliesslich zur Herstellung von Schraubengewinden benutzt werden können, dient umgekehrt der Gewindebohrer dazu, innerhalb einer vorhandenen cylindrischen Oeffnung Muttergewinde einzuschneiden; Schneidbacken (Schneidklinge) und Gewindebohrer ergänzen sich demnach gegenseitig und bilden gemeinschaftlich das „Schneidzeug“.

Da die Schneiden des Bohrers nicht wie die Schneiden der Backen gegen einander verstellt werden können, so ist es erforderlich, um beim Gewindeschneiden nicht von vornherein zu starke Späne nehmen zu müssen, die Schneiden allmälig wachsen zu lassen, in dem untersten Gange des Bohrers nur ganz kurze Schneiden anzuwenden und erst in den oberen Gängen ihnen die volle Länge, der Tiefe des zu schneidenden Gewindes entsprechend, zu geben. Dieser Zweck wird in derselben

Weise erreicht wie bei den Backen der Sellers'schen Schraubenschneidmaschinen, nämlich, indem man die Aussenkanten der Gewinde des Bohrers nach dem vordern Ende desselben zu mehr und mehr wegnimmt, so dass der Bohrer äusserlich eine schlank konische Form erhält, während der Kern natürlich cylindrisch bleibt. Um die Arbeit zu erleichtern, macht man den Bohrer ziemlich lang, so dass der äussere Durchmesser ganz allmälig zunimmt und diese Zunahme auf 30 bis 40 Schraubengänge vertheilt ist. Zur Bildung der Schneiden bringt man gewöhnlich drei, seltener vier Einkerbungen an und lässt, um möglichst wenig Reibungsfläche zu haben, die Aussenfläche des Bohrers nur an den Schneidkanten die Lochwand berühren, so dass ein Querschnitt des Bohrers wie in Fig. 608 oder ähnlich entsteht.

Fig. 608.



Wie die Schneidbacken wird auch der Gewindebohrer entweder von Hand oder durch eine Maschine geführt. Im erstern Falle dient ein über das vierkantig geschmiedete Ende desselben gestecktes Wendeeisen (bei den kleinsten ein Feilkloben) zur Handhabung. Die Mutter wird in den Schraubstock eingespannt, der Bohrer senkrecht auf die Oeffnung gesetzt und unter sanftem Drucke eingedreht. Ein Benetzen mit Oel ist auch hierbei erforderlich. Schliesslich fällt der Bohrer unten aus der Mutter heraus, sobald das Gewinde fertig geschnitten ist.

Bei Benutzung von Elementarkraft kann man dieselben Maschinen, welche zum Schneiden der Schrauben dienen und oben beschrieben wurden, auch zum Schneiden der Muttergewinde verwenden, wenn man an Stelle des zu schneidenden Schraubenbolzens den Gewindebohrer, an Stelle der Schneidkluppe die zu schneidende Mutter bringt. In fast jedem Falle stimmt die Construction dieser Maschinen mit derjenigen der Schraubenschneidmaschine überein.

Es verdient Erwähnung, dass zur Anfertigung der Schneidbacken ein sogenannter Normalbohrer benutzt zu werden pflegt, welcher ebenso geformt ist und gehandhabt wird als die gewöhnlichen Gewindebohrer. Selbstverständlich müssen die Backen geschnitten werden, ehe sie gehärtet sind. Zur Anfertigung des Normalbohrers und der Gewindebohrer pflegt die Drehbank benutzt zu werden.

**Die Drehbank zum Schrauben- und Mutternschneiden.** Die Schneidkluppe und der Gewindebohrer lassen sich auf der Drehbank zum Gewindeschneiden anwenden, indem man das Arbeitsstück mit der Drehbanksspindel rotiren und das Werkzeug die Längsbewegung machen lässt; oder auch umgekehrt. Dieser Fall bildet jedoch eine Ausnahme.

Dagegen wurde schon bei Erläuterung der Drehbankseinrichtung darauf hingewiesen, dass die Schneide eines Werkzeugs, welches einen gleichmässigen Vorschub parallel der Drehbanksachse erhält, auf der

Oberfläche eines zwischen den Drehbanksspitzen eingespannten Cylinders eine Schraubenlinie beschreibt, deren Steigung von dem Verhältnisse zwischen den Geschwindigkeiten der Haupt- und Schaltbewegung abhängig ist. Entspricht also die Form der Schneide des Werkzeugs dem Profile des Schraubengewindes, so entsteht eine wirkliche Schraube, und wenn das Werkzeug an der Innenseite eines Hohlcylinders zum Angriffe kommt, so entsteht eine Schraubenmutter. Je gleichmässiger dabei die Bewegungen vor sich gehen, desto genauer wird das Gewinde ausfallen.

Um nun bei Handdrehbänken die Gleichmässigkeit des Vorschubs zu sichern, giebt man dem Schneidstahle statt einer einzigen Schneide eine Anzahl — gewöhnlich 4 bis 5 — gleicher Schneiden, welche zusammen das genaue Profil von eben so vielen Schraubengängen darstellen. Fig. 609 zeigt die Form eines solchen mehrspitzigen Schneidstahls für scharfe Schraubengewinde, Fig. 610 die Form des Stahls für das entsprechende Muttergewinde. Wegen des strahlenartigen Aussehens der Schneiden haben diese Werkzeuge den Namen „Strähler“ erhalten. Der erste Schraubengang wird vorgezeichnet und mit der ersten Schneide des Strählers sorgsam eingeschnitten; führt man das Werkzeug nun weiter, um den zweiten Schraubengang zu schneiden, so tritt die zweite Spitze in den vorhandenen ersten Schraubengang und bildet somit eine Führung für den richtigen Vorschub des Stahls; u. s. f.

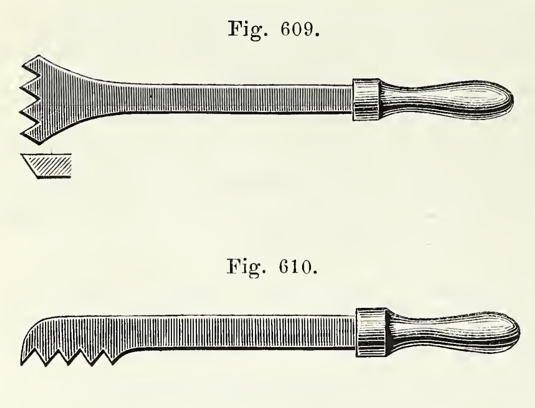


Fig. 609.

Fig. 610.

Weniger häufig ist eine Einrichtung der Drehbänke ohne Leitspindel, bei welcher der Drehstahl, der in diesem Falle nur eine Schneide zu besitzen braucht, festliegt und das Arbeitsstück ausser der Drehung auch den Vorschub, entsprechend der Steigung des Schraubengewindes, ausführt. Zu diesem Zwecke muss die Drehbanksspindel in horizontaler Richtung verschiebbar sein, und das Arbeitsstück darf nicht zwischen Spitzen, sondern muss mit Hilfe eines Futters an der Spindel befestigt werden. Auf dem hintern Ende der Spindel ist eine hohle Messingschraube mit 10 bis 15 Gewindegängen übergeschoben und befestigt, deren Steigung genau derjenigen der zu schneidenden Schraube entspricht. Dieselbe wird Patrone genannt und dreht sich an der untern Seite in einem entsprechenden Muttergewinde, welches an der Oberkante eines festliegenden Stücks harten Holzes oder besser Metalls eingeschnitten ist und Register genannt wird. Es wird also, sobald die Spindel in Drehung versetzt wird, durch den Eingriff der Schraube in

das festliegende Muttergewinde ein gleichmässiger Vorschub derselben erfolgen, und der festliegende Drehstahl wird ein Schraubengewinde schneiden, dessen Steigung mit derjenigen der Patrone übereinstimmt.

Am geeignetsten zum Schrauben- und Mutternschneiden ist die Drehbank, wenn sie mit Support und Leitspindel ausgestattet ist, welche letztere den Vorschub des erstern bewirkt. Drehen sich hierbei Drehbanks- und Leitspindel in derselben Richtung, so erfolgt ein rechtes Gewinde, dreht sich die Leitspindel der Drehbanksspindel entgegen, so erfolgt ein linkes Gewinde. Da die Leitspindel in allen Fällen ihre Bewegung von der Drehbanksspindel aus empfängt, so stehen die Bewegungsgeschwindigkeiten beider in jedem Augenblicke in dem gleichen Verhältnisse; die Genauigkeit des erfolgenden Gewindes ist daher, sofern jene Bewegungsübertragung auf die Leitspindel in zuverlässiger Weise erfolgt, die Schraubenspindel rund läuft u. s. w., vorzugsweise abhängig von der Richtigkeit des Leitspindelgewindes. Um nun für eine vorgeschriebene Ganghöhe der Schraube das richtige Bewegungsverhältniss zwischen Drehbanks- und Leitspindel hervorzubringen, benutzt man die früher (Seite 563 und 645) erwähnten Wechselräder, Getriebepaare von verschiedenen Umsetzungsverhältnissen, welche zwischen beiden eingeschaltet werden und die Bewegung übertragen. Offenbar müssen die Umdrehungszahlen der Drehbanksspindel und Leitspindel sich umgekehrt verhalten wie die Steigung des anzufertigenden Schraubenganges zu der Steigung der Leitspindelschraube; allgemein, wenn $s$ die Steigung der anzufertigenden Schraube, $s_1$ die Steigung der Leitspindel ist, so muss die Leitspindel während einer Umdrehung der Drehbanksspindel $\frac{s}{s_1}$ Umdrehungen machen. Soll z. B. die anzufertigende Schraube 5 mm Steigung erhalten und die Leitschraube besitzt 15 mm Steigung, so muss die letztere $^5/_{15} = {}^1/_3$ so viel Umdrehungen als die Drehbanksspindel machen. Für die Drehbänke, welche zum Schraubenschneiden eingerichtet und demnach mit Wechselrädern ausgerüstet sind, pflegen die Fabriken Tabellen beizugeben, aus welchen sich für ein bestimmtes Schraubensystem, d. h. für ein bestimmtes Verhältniss zwischen Ganghöhe und Durchmesser der Schraube ohne Weiteres die für den gegebenen Durchmesser der Schraube einzuschaltenden Wechselräder ersehen lassen.

Man benutzt die Drehbank vorzugsweise zum Schneiden langer Schrauben — Leitschrauben für andere Werkzeugmaschinen und dergleichen —, ferner für kürzere dicke Schrauben, welche nur ausnahmsweise gefertigt werden und für welche ein passendes Schneidzeug nicht vorhanden ist; u. s. f. Auch die bekannten käuflichen Holzschrauben mit sehr dünnen scharfrandigen und weit aus einander liegenden Gängen werden durch einen Drehstahl mit entsprechend geformter Schneide auf besonders dafür eingerichteten Drehbänken geschnitten.

Sofern die geschnittenen Schrauben Verbindungsschrauben mit Kopf und Mutter sind, erhalten sie, bevor sie als fertig gelten können, gewöhnlich noch eine fernere Bearbeitung zu dem Zwecke, die äusseren Flächen der Muttern und häufig auch der Köpfe genau und sauber herzustellen. Es ist also, um diese Aufgabe vollständig zu lösen, erforderlich, die sechsseitlichen Begrenzungsflächen wie die beiden Stirnflächen (beziehentlich nur die obere Fläche) nachzuarbeiten und der letzteren an den sechs Eckpunkten die bekannte übliche Abfasung zu geben, durch welche theils das Aeussere des Arbeitsstücks gewinnt, theils das Ueberstecken des Schraubenschlüssels erleichtert wird.

Die sechs (bei Schraubenköpfen meistens vier) Seitenflächen erhalten ihre Bearbeitung entweder durch Hobeln oder Fräsen in solcher Weise, dass durch zwei parallele Werkzeuge gleichzeitig zwei parallele Seitenflächen der Mutter oder des Kopfs bearbeitet werden. Das Arbeitsstück befindet sich dabei auf einer Scheibe (Drehtisch), welche nach jedesmaliger vollendeter Bearbeitung zweier Flächen eine Drittels-Umdrehung erhält, so dass sofort zwei neue Flächen in Angriff genommen werden können. Hobelmaschinen, für diesen Zweck bestimmt, sind in ihrer Construction gewöhnlich der in den Figuren 481 und 482 auf Seite 620 abgebildeten Nuthenstossmaschine (Verticalhobelmaschine) sehr ähnlich. Denkt man sich dieselbe statt mit einem Messer mit zwei parallel arbeitenden Messern versehen, deren Schneiden einen solchen Abstand von einander besitzen als der kleinste Durchmesser des sechseckigen Mutterquerschnitts beträgt, und die Mutter auf dem Tische der Maschine befestigt, so hat man das Aeussere einer solchen Maschine.

Beim Fräsen sind es gewöhnlich zwei in gleicher Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit rotirende Frässcheiben, welche ihre gezahnten Flächen einander zuwenden und in solcher Weise die dazwischen befindlichen parallelen Seitenflächen der Mutter (des Kopfs) gleichzeitig bearbeiten. Die Constructionen der hierfür benutzten Fräsmaschinen im Einzelnen zeigen, wie die Fräsmaschinen überhaupt, mannigfache äussere Formen.

Die Bearbeitung der Stirnflächen geschieht entweder gleichfalls mit Hilfe der Fräsmaschine, wobei ein entsprechend geformter Fräser gleichzeitig die Fläche bearbeitet und die Abfasung ausführt; oder auf einer kleinen Drehbank. In letzterm Falle ist die Mutter (oder der Schraubenbolzen) centrisch am Spindelkopfe befestigt und empfängt die Drehung, während der vor derselben befindliche Support mit zwei, auch wohl drei verschieden geformten und neben oder über einander eingespannten Messern ausgerüstet ist, um gleichzeitig die Fläche zu drehen, die Abfasung zu bewirken und den Grat am obern Rande des Gewindes abzunehmen, welcher beim Schneiden entstanden war.

Erwähnung verdienen ferner die schon oben kurz berührten sogenannten Mutternmaschinen, welche sechskantig gewalztes Eisen der Länge nach bohren, auch wohl mit Gewinde versehen und dann abstechen,

bei welcher Arbeit zugleich die Stirnflächen der entstehenden Muttern gedreht werden. Sie arbeiten demnach mit zwei verschiedenen Werkzeugen, einem Bohrer und einem Drehstahle, zu welchen unter Umständen noch der Gewindebohrer hinzukommt.

Hinsichtlich der sonstigen, in ungemein zahlreichen Constructionen vertretenen Maschinen zur Herstellung und Bearbeitung von Schrauben und Muttern muss auf die gegebene Literatur verwiesen werden.

---

Literatur über Anfertigung von Schrauben und Muttern.

Ueber Schmieden und Prägen derselben:

Wencelides, Hilfsmaschinen und Werkzeuge, Seite 81 ff. (mit Abbildungen einer Bolzenschmiedemaschine).

Dingler, Polyt. Journal, Bd. 196, S. 500.

Praktischer Maschinenconstructeur, Jahrgang 1878, Heft 4 (Mutternpresse).

Ueber Gewindeschneiden und fernere Bearbeitung:

Hoyer, Mechanische Technologie, Seite 367.

Hart, Werkzeugmaschinen, 2. Auflage, Seite 322, Atlas Tafel 54 bis 60 (Schraubenschneid- und Mutternbearbeitungsmaschinen).

Wiebe, Skizzenbuch Heft 65, Tafel 5, Heft 86, Tafel 6 (Schraubenschneidmaschinen).

Dingler, Polyt. Journal, Bd. 205, S. 302; Bd. 212, S. 445; Bd. 221, S. 296 (Mutternschneidmaschine); Bd. 224, S. 378 (Maschine von Hartnell zum Bohren, Gewindeschneiden, Drehen und Lostrennen der Muttern).

Deutsche Industriezeitung 1876, S. 133 (Mutterndrehbank der Deutschen Werkzeugmaschinenfabrik in Chemnitz).

Mittheilungen des Hannoverschen Gewerbevereins, Jahrg. 1866, S. 149 (Vorrichtung zum Schraubenschneiden auf der Drehbank mit Patrone).

Praktischer Maschinenconstructeur, Jahrg. 1871, S. 112 (desgleichen).

---

## Blattgold und Blattsilber.

Man versteht bekanntlich unter dem obigen Ausdrucke jene äusserst feinen Blättchen aus Gold oder Silber, welche gewissermaassen als Bleche von geringster Stärke gelten können, und vielfach zum Vergolden und Versilbern durch Bekleben (Seite 783) benutzt werden.

Die Stärke des Blattgoldes beträgt nach Karmarsch $^1/_{7000}$ bis $^1/_{9000}$ mm; 1 g Gold bedeckt durchschnittlich 0,6 qm.

Eine so beträchtliche Verdünnung würde durch Walzen nicht zu erreichen sein, ohne ein Zerreissen der dünnen Bleche herbeizuführen, und lässt sich nur durch Hämmern bewerkstelligen; daher nennt man das Verfahren Goldschlägerei und versteht unter diesem Ausdrucke auch die Anfertigung dünner Blättchen aus Silber, Aluminium und Legirungen.

Gold wird im reinen Zustande oder mit etwas Silber legirt, Silber rein angewendet.

Man giesst zunächst einen flachen Stab oder Zain, schmiedet diesen unter öfterm Ausglühen kalt aus, setzt die Verdünnung unter einem kleinen Walzwerke mit sauber polirten Walzen fort und schneidet dann das erhaltene Blech in Stücke von ungefähr 25 mm im Quadrate, welche Quartiere genannt werden. Von diesen legt man eine grössere Anzahl auf einander, trennt aber die einzelnen Blättchen, um ein Zusammenhaften durch Cohäsionswirkung bei der weitern Verarbeitung zu verhüten, durch dazwischen gelegte Pergamentblätter, 100 bis 125 mm im Quadrate gross, welche später bei fortgesetzter Verdünnung durch Blättchen aus dem Oberhäutchen vom Blinddarme der Ochsen — Goldschlägerhaut genannt — ersetzt werden. Das Ganze wird in ein Futter aus Pergament geschoben und heisst eine Form (Pergamentform und Hautform). Nun beginnt das Schlagen auf einem Ambosse aus polirtem Granit oder Marmor, gewöhnlich mit Handhämmern von verschiedener Grösse, deren Bahnen kreisrund und schwach convex geformt sind. Das Schlagen wird so lange fortgesetzt, bis die Metallblättchen die Grösse der Form, d. h. der Pergamentblätter angenommen haben. Dann nimmt man sie heraus, zerschneidet sie in vier Quadrate, bildet aus diesen eine neue Form und setzt das Verfahren in gleicher Weise fort. Im Ganzen pflegt man zwei Pergamentformen, deren erste Dickquetsche und zweite Dünnquetsche heisst, und zwei Hautformen anzuwenden, von welchen die erstere Lothform, die letzte Dünnschlagform genannt wird. Diese, welche bis zu 800 Blättchen enthält, liefert das fertige Blattgold. Die einzelnen Blättchen werden beschnitten und in dünne Papierblättchen verpackt. Die entstehenden Abfälle werden eingeschmolzen oder, mit Honig zerrieben, als Malergold (Goldbronze) verkauft.

Das sogenannte unechte Blattgold besteht aus Tombak mit etwa 14 Procent Zink und ist weit weniger dünn als das echte ($^1/_{1500}$ mm); unechtes Blattsilber ist Zinn mit etwas Zink oder auch Neusilber. Die Abfälle bei der Anfertigung des unechten Blattgoldes und -Silbers werden durch Zerreiben zu Metallbronze (Bronzefarbe) verarbeitet, wobei ihnen durch Erhitzen in einer eisernen Pfanne rothe, gelbe, grüne oder violette Anlauffarben gegeben werden können [1]).

---

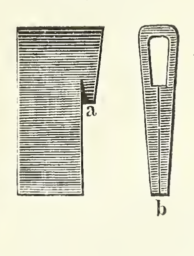
[1]) Prechtl-Karmarsch, Technologische Encyclopädie, Bd. 7, Artikel: Goldschlägerei. Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, Seite 165.

## Schneidwaaren.

Hierher gehören Aexte und Beile, Messer und Gabeln, Scheeren, Säbel etc. Die kleineren derselben bestehen meistens aus Stahl, die gröberen häufig aus Schmiedeeisen mit verstahlter Schneide.

Aexte und Beile [1]), daneben gewöhnlich auch Schaufeln, Spaten, Hacken und dergleichen eiserne Geräthe für den häuslichen und landwirthschaftlichen Gebrauch werden in besonderen Schmiedewerkstätten — gewöhnlich mit Hilfe eines oder mehrerer Schwanzhämmer — gefertigt, welche man Blankschmieden nennt. Zur Anfertigung einer Axt wird ein Stück Flacheisen abgehauen und durch Hämmern des mittlern Theils in der Weise ausgeschmiedet, wie es Fig. 611 zeigt. Bei *a* wird durch Aufsetzen des Schrotmeissels ein Einschnitt gemacht, so dass hier ein schmaler, spitz auslaufender Lappen von der Stärke des mittlern ausgeschmiedeten Theils entsteht. Alsdann biegt man über einem Dorne das rothglühende Schmiedestück zusammen, so dass der ausgeschmiedete mittlere Theil eine Art Röhre bildet, welche zum Hineinstecken des Stiels dient und Haube genannt wird. Der Lappen *a* wird in seiner ganzen Länge um den Dorn herumgebogen, so dass nunmehr eine Form wie in Fig. 612 entsteht. Nun folgt das Verstahlen der Schneide und des Nackens, d. h. des dicken der Schneide gegenüberliegenden Endes der Axt, welches bisweilen als Hammer beim Eintreiben von Keilen, Nägeln und dergleichen benutzt wird. Man schiebt zu diesem Zwecke zwischen die beiden noch nicht verbundenen Enden (bei *b*) eine Stahlschiene von der Länge der Schneide ein, so dass sie 8 bis 10 mm vor derselben herausragt, giebt Schweisshitze und schweisst nun die ganze Fuge von der Haube bis zur Schneide zusammen, wobei die letztere zugleich ausgeschmiedet und die Kante an der Rückseite der Axt unterhalb der Haube mit Hilfe von Setzhammer und Schrotmeissel oft nach einer bestimmten Gliederung weiter ausgebildet wird. Das Verstahlen der Haube geschieht einfach durch Auflegen und Anschweissen einer entsprechend breiten Stahlplatte. Die in ihrer Form fertige Axt wird

Fig. 611. Fig. 612.




[1]) Der Unterschied der Axt vom Beile ist zum Theil nur durch den Sprachgebrauch bedingt. Der Zimmermann gebraucht eine Axt, der Fleischer ein Beil. Nach Karmarsch hat die Axt eine kürzere Schneide, welche von beiden Seiten angeschliffen ist und sich daher in der Mitte der Dicke befindet, während das Beil nur von einer Seite her zugeschliffen ist. Dem Sprachgebrauche dürfte dieser Unterschied nicht immer entsprechen.

nun gehärtet, angelassen und schliesslich auf dem rotirenden Schleifsteine blank geschliffen und geschärft.

Um ein Tischmesser zu schmieden, streckt man das zur hellen Rothgluth erwärmte Ende eines quadratischen oder flachen Stahlstabes durch Hämmern auf dem Ambos der Form der Klinge entsprechend aus, wobei dieselbe nach dem Rücken zu schon eine grössere, nach der Schneide zu eine geringere Stärke erhält. Auf dem Ambos befindet sich ein Stempel mit der Firma des Messerschmiedes in verkehrter Schrift; die noch glühende Klinge wird darauf gelegt und durch einen Schlag mit dem Hammer die Firma eingeprägt. Schliesslich wird in derselben Hitze die geschmiedete Klinge soweit von der Stange abgehauen, dass ein kurzes Ende der letztern, zur Anfertigung der Angel (des zur Befestigung in dem Griffe dienenden Theils) ausreichend, an der Klinge sitzen bleibt. Nun wird eine zweite Hitze gegeben und in dieser die Angel ausgeschmiedet, entweder schmal und spitzig, wenn sie durch das Heft hindurchgesteckt und am andern Ende vernietet werden soll; oder breit und flach, wenn das Heft aus zwei Hälften besteht, die durch Querstifte zusammen genietet werden. Zwischen Klinge und Angel lässt man durch Ansetzen einen schmalen Ring stehen, die Scheibe oder Balance genannt, welcher in derselben Hitze in einem doppelten Gesenke weiter ausgebildet wird. Dieses Gesenk heisst das Stemmeisen; das Messer steht senkrecht in demselben mit der Klinge nach unten. Zu diesem Zwecke ist das Untertheil des Gesenks geschlitzt und ruht auf einem ausgehöhlten Holzklotze, in welchem die Klinge Platz findet, während die Scheibe im Gesenke aufruht; das Gesenkobertheil ist ebenfalls ringförmig, um der Angel Platz zu geben.

Die Arbeit des Schmiedens geschieht von Hand in den immer seltener werdenden Werkstätten des einzelnen Messerschmieds, in den grösseren Messerfabriken dagegen mit Hilfe von Maschinenhämmern oder Schmiedemaschinen.

Statt die Angel aus demselben Stücke mit der Klinge zu schmieden, schweisst man bisweilen ein Stück Schmiedeeisen an die erstere an, um aus diesem die Angel zu bilden; oder man giesst die Angel aus Gusseisen, welches durch einen oxydirenden Glühprocess (Tempern) seines Kohlenstoffgehalts zum grössten Theile beraubt und dadurch schmied- und schweissbar wird (schmiedbares Gusseisen) und schweisst sie an die Klinge an.

Bei Massenfabrikation fertigt man bisweilen die Klingen nebst Angel durch Ausstossen im Durchstoss mit Hilfe eines passenden Stempels nebst Matrize und schiebt die für sich gefertigte Scheibe als besonderes Stück über die Angel.

Nun folgt das Schleifen auf rotirenden Schleifsteinen, wobei nicht allein die Schneide ausgebildet wird, sondern auch die beim Schmieden gebliebenen Ungenauigkeiten, der entstandene Grat u. s. w., entfernt werden und die Klinge erst ihre vollendete Form erhält. Die geschliffenen

Klingen werden gehärtet (bei sorgfältiger Arbeit durch Erhitzen in glühendem Blei und Ablöschen in Rüböl) und roth bis blau angelassen; bei gröberen Waaren findet das Härten und Anlassen auch wohl vor dem Schleifen statt.

Endlich kommen die Messer in die Polirwerkstatt, wo sie zunächst auf einer rotirenden Schmirgelscheibe mit Oel abgeschmirgelt werden und dann auf einer mit Leder überzogenen Holzscheibe mit Polirroth oder Zinnasche ihre letzte Vollendung erhalten.

Die Anfertigung einer Gabel ist derjenigen des Messers sehr ähnlich. Man schmiedet aus dem quadratischen Stahlstabe zunächst mit Hilfe eines Gesenks den Schaft der Gabel und lässt vorn so viel Metall stehen als für den vorderen flachen Theil erforderlich ist; dann wird die Angel und Scheibe geschmiedet, schliesslich der vordere Theil flach ausgestreckt, wie es der Form desselben entspricht. Die Zwischenräume zwischen den Zinken der Gabel können durch Meissel und Hammer ausgearbeitet werden; häufiger benutzt man ein Fallwerk mit Ober- und Unterstempel, welche die Form der Zinken verkehrt tragen und zwischen denen das glühende Metall derartig geprägt wird, dass nur ein schwacher Grat zwischen den Zinken stehen bleibt, welcher dann auf dem Durchstosse entfernt wird.

Die in ihrer rohen Form fertige Gabel wird nun stark ausgeglüht und durch Befeilen mit eigenthümlich geformten Feilen weiter bearbeitet. Dann werden die Zacken gebogen, geschliffen, gehärtet und angelassen, die ganze Gabel geschmirgelt und polirt.

Rasirmesser werden aus dem vorzüglichsten Stahle in drei Hitzen (bei dunkler Rothgluth, damit der Stahl möglichst wenig Oxydation erleide) geschmiedet. In der ersten Hitze wird die Form der Klinge roh ausgebildet, in der zweiten der Stiel („Druck“ genannt); in der dritten erhält die Klinge auf einer convexen Amboskante den bekannten concaven Querschnitt. Nach der letzten Hitze wird bis zur völligen Abkühlung gehämmert. Nun wird das Messer befeilt, mit grosser Vorsicht gehärtet und gelb angelassen. Hierauf folgt das Schleifen auf einer Anzahl verschiedener Schleifsteine, deren Form dem eigenthümlichen Querschnitte der Rasirmesser Rechnung tragen muss, endlich das Schmirgeln und Poliren.

Scheeren werden entweder aus einem Stahlstabe oder aus einem Eisenstabe geschmiedet, welcher an der Innenseite des Scheerenblatts verstahlt wird. Man bildet zunächst durch Ausrecken auf dem Ambos das Scheerenblatt und das sogenannte „Schild“, d. h. denjenigen Theil aus, wo beide Scheerenhälften verbunden sind; dann wird durch Ansetzen auf der Amboskante der Absatz gebildet („Schluss“ genannt), wo die Hälften der geschlossenen Scheere gegen einander treten; schliesslich entweder die Stange dünn ausgestreckt und durch Umbiegen der Ring oder Grat gebildet oder bei kleineren Scheeren auch durch Flachschmieden und Lochen derselbe Zweck erreicht.

Oder man stösst mit dem Durchstosse aus Stahlblech ein Stück von der Form der Scheerenhälfte aus und giebt ihm durch Prägen in Gesenken die weitere Ausbildung.

Eine noch andere, in neuerer Zeit üblich gewordene Art der Anfertigung ist die Herstellung des Griffs und Schildes aus schmiedbarem Gusse und Anschweissen an das aus Stahl geschmiedete oder geprägte Scheerenblatt.

Die Scheerenhälften werden befeilt, zusammengepasst, gehärtet und angelassen; geschliffen, polirt und schliesslich in bekannter Weise mit einander verbunden.

Manches Eigenthümliche bietet auch die Anfertigung der Säbel- und Degenklingen. Um denselben die grössere Geschmeidigkeit des kohlenstoffärmeren Schmiedeeisens zugleich mit der Härte und Elasticität des Stahls zu geben, schmiedet man sie aus abwechselnden, zusammengeschweissten und gestreckten Lagen beider Materialien. Zu diesem Ende legt man zunächst eine Eisenschiene zwischen zwei Stahlschienen, schweisst die drei Stücke zusammen, streckt sie unter dem Hammer zu der doppelten Länge aus, theilt das Arbeitsstück in der Mitte mit Hilfe des Schrotmeissels in zwei gleich lange Hälften, legt und schweisst diese abermals auf einander (so dass in der Mitte zwei Lagen Stahl auf einander liegen) und streckt sie zu einer Schiene aus, deren Länge ungefähr $^{2}/_{3}$ von der Länge der fertigen Klinge beträgt, während sie $1^{1}/_{2}$mal so stark ist als diese. Die in der Mitte der Schiene befindliche doppelte Stahlschicht hat den Zweck, der Schneide die nöthige Härte zu verleihen.

Die Angel wird aus Schmiedeeisen hergestellt, da Stahl zu leicht abspringen würde. Man biegt zu diesem Zwecke einen Flachstab in der Mitte zusammen, steckt die Schiene, aus welcher die Klinge hervorgehen soll, mit ihrem Ende zwischen die beiden Enden des gebogenen Stabes und schweisst sie mit denselben zusammen.

Nun folgt das Ausschmieden der Klinge zu ihrer rohen Form, wozu mehrere Hitzen erforderlich sind. Häufig erhalten die Klingen an den beiden Seitenflächen in der Nähe des Rückens je eine rinnenförmige Vertiefung, welche mit Hilfe eines Ober- und Unterstempels auf dem Ambos nach dem Strecken gebildet werden. Durch weiteres Ausschmieden längs der einen langen Seite wird nunmehr die Schneide gebildet; da aber in Folge der hier stattfindenden Querschnittsverdünnung eine einseitige Streckung eintritt, wird hierbei die Klinge zugleich nach rückwärts gekrümmt. Soll also ein gerader statt eines krummen Säbels geschmiedet werden, so muss die Krümmung durch Gegenschläge verhindert werden.

Auf dem Schleifsteine wird nunmehr die Form der Klingen vollendet; dann werden sie gehärtet, gelb angelassen, abermals geschliffen und polirt.

Die bekannten Damascenerklingen bestehen aus einem ungleichmässigern Gemische von Stahl und weichem (kohlenstoffarmem) Eisen

als durch einfaches Aufeinanderschweissen dargestellt werden kann. Man gewinnt dasselbe durch Schmelzen von weichem Eisen mit kohlenstoffhaltigen Substanzen (Blättern gewisser Pflanzen) im Tiegel. Da, wo die Berührung des Eisens mit jenen Zuschlägen stattfindet, nimmt es Kohle auf, wird dadurch zu schmelzbarem Stahl und durchdringt im flüssigen Zustande aderförmig das nicht gekohlte und in Folge dessen ungeschmolzene Eisen. Der gewonnene Eisenklumpen wird nun ausgeschmiedet und zu Klingen verarbeitet. Beizt man nun eine solche Klinge mit Säuren, so wird der kohlenstoffärmere Bestandtheil derselben stärker, der kohlenstoffreichere weniger stark von der Säure angegriffen, und es entstehen dadurch jene eigenthümlichen Figuren (Damast) an der Oberfläche, die man mit Gold auszulegen pflegt.

---

## Literatur über Anfertigung der Schneidwaaren.

F. L. Schirlitz, Fabrikation der Stahlwaaren, Weimar 1868.
Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, 5. Auflage, Seite 502.

---

## Nägel und Drahtstifte.

Das älteste und noch jetzt vielfach, wenn auch in beschränkterm Maasse als früher geübte Verfahren, Nägel anzufertigen, ist das Schmieden von Hand; und bei dem grossen Verbrauche an Nägeln pflegt das Nagelschmieden als besonderes Gewerbe in eigenen Werkstätten betrieben zu werden.

Die Werkzeuge und Geräthe des Nagelschmieds sind im Wesentlichen: ein kleiner Ambos ohne Horn; ein Abschrot, welches neben dem Ambos im Ambosstocke befestigt ist und Nagelschrot oder Blockmeissel heisst; Hämmer von verschiedener Grösse ohne Finne mit quadratischer Bahn; und insbesondere die „Nageleisen", d. h. Gesenke zur Ausbildung des Nagelkopfs dienend. Fig. 613 stellt ein solches Nageleisen dar. Der mittlere dicke Theil (die Krone), welcher aus gehärtetem Stahle besteht, enthält die durchgehende, nach unten sich etwas erweiternde Oeffnung, deren oberer Theil mit dem Querschnitte der Nägel dicht unter dem Kopfe übereinstimmen muss. Beim Gebrauche wird das Nageleisen an den beiden Enden unterstützt, so dass die Oeffnung frei liegt, indem man es mit der einen Seite auf der Amboskante, mit der andern auf einer zu diesem Zwecke neben dem Ambos aufgestellten Stütze ruhen lässt.

Fig. 613.

Der Nagelschmied gebraucht ein feinkörniges reines Stabeisen von quadratischem dünnem Querschnitte, welches besonders für diesen Zweck

dargestellt zu werden pflegt. Häufig benutzt man für die Anfertigung die auf Seite 583 abgebildeten Schneidwerke; besser, aber auch theurer und deshalb in jetziger Zeit seltener ist das unter Hämmern ausgereckte feine Quadrateisen (Zaineisen). Sehniges Eisen würde in dem dünnen Querschnitte des Nagels aufsplittern und ist deshalb nicht brauchbar.

Das äusserste Ende einer solchen Eisenstange wird nunmehr im Schmiedefeuer auf Schweisshitze erwärmt und rasch zu einer schlanken Spitze von entsprechender Grösse und Form ausgeschmiedet, so dass in dem Abstande der Nagellänge von der Spitze ein Ansatz entsteht. Auf dem Blockmeissel wird nunmehr dicht hinter dem Ansatze der Stab fast ganz durchgehauen, so dass noch soviel Material an dem Nagel sitzen bleibt als die Bildung des Kopfs erfordert; dann wird der Nagel von oben in das Nageleisen gesteckt, der Stab, welcher noch lose am Nagel hängt, abgebrochen und nun durch einige rasche Hammerschläge auf das oben herausragende dickere Ende des Nagels der Kopf ausgebildet. Durch einen Schlag unter die unten aus dem Nageleisen vorstehende Spitze des Nagels wird derselbe aus dem Nageleisen herausgeworfen und sofort ein neuer in Angriff genommen. Die Anfertigung muss in einer Hitze geschehen und schon ein neuer Stab im Feuer zum Ausschmieden bereit liegen; von kleinen Nägeln kann ein geübter Nagelschmied sogar zwei bis drei in einer Hitze anfertigen.

Wie schon früher erwähnt wurde, wendet man für sehr grosse Nägel (z. B. Schienennägel) zweckmässig eine Schmiedemaschine (Seite 459) mit verschiedenen Gesenken an, wenn die Anzahl der bestellten Nägel die Mehrkosten eines solchen Apparats auszugleichen im Stande ist.

Aber auch für die Anfertigung kleinerer Nägel, deren Verbrauch in den Holzbearbeitungswerkstätten und in verschiedenen anderen Gewerben ein so ungemein grosser ist, wurden im Laufe dieses Jahrhunderts eine Anzahl von Methoden ersonnen, um die immerhin bei aller Geschicklichkeit des Nagelschmieds noch zeitraubende Handarbeit durch rascher liefernde Maschinenarbeit zu ersetzen.

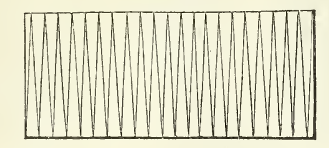
Der Anwendung von Walzwerken mit periodischen Kalibern, um die Form der Nagelköpfe (besonders für Schienennägel) roh auszubilden und dadurch an späterer Arbeit zu sparen, wurde bereits auf Seite 493 gedacht; in ähnlicher Weise hat man auch kleinere Nägel in Walzwerken vorgewalzt und durch einen weitern Formgebungsprocess vollendet. Eine allgemeine Anwendung hat jedoch dieses Verfahren nicht gefunden [1]).

Weit häufiger ist die Anwendung geschnittener Nägel, aus einer Blechtafel von der Stärke, wie sie die Nägel erhalten sollen, durch Schnitte nach Fig. 614 hergestellt. Die Scheere steht hierbei fest, das Blech macht den Vorschub und erhält dabei durch eine besondere Vor-

[1]) Näheres hierüber: Dingler, polyt. Journal, Bd. 184, S. 115; Bd. 207, S. 184.

richtung die abwechselnde Drehung nach links und rechts, entsprechend der jedesmaligen Schnittrichtung. Der zu benutzende Blechstreifen wird von einer längern Blechtafel durch einen querlaufenden Schnitt gemäss der Länge der anzufertigenden Nägel abgetrennt, wobei zu beachten ist, dass die Faserrichtung des Blechs in der Richtung der Schnitte liegen muss, durch welche die Nägel hergestellt werden, weil bei entgegengesetzter Richtung dieselben abbrechen würden. Die so erhaltenen Nägel sind ohne Kopf und können in dieser Form nur für einzelne Zwecke Verwendung finden; um sie anzuköpfen, werden sie entweder in einem kleinen Flammofen zum Glühen erhitzt, worauf die Bildung des Kopfs im Gesenke unter einem Fallwerke oder einer Presse erfolgt; oder der Kopf wird kalt geprägt (in unmittelbarer Folge auf das Schneiden), und der Nagel später ausgeglüht.

Fig. 614.



Solche geschnittene Nägel besitzen nur zwei convergirende Flächen, während die zwei anderen parallel laufen, so dass statt der Spitze des geschmiedeten Nagels eine Kante entsteht. Sollen sie, wie die geschmiedeten Nägel, pyramidale Form erhalten, so muss das dafür benutzte Blech keilförmig gewalzt werden (vergleiche Seite 495); selbstverständlich lässt sich jedoch aus einem solchen Blechstreifen nur die Hälfte Nägel schneiden und die andere Hälfte wird Abfall.

Für sehr viele Zwecke, besonders für Holzarbeiten aller Art, sind endlich die aus Eisendraht gefertigten Drahtnägel oder Drahtstifte sehr geeignet, welche vor den geschmiedeten den Vorzug der Billigkeit, vor den geschnittenen der grössern Brauchbarkeit für viele Verwendungen voraushaben. Dieselben werden aus ungeglühtem Eisendrahte von der Stärke, welche der fertige Nagel erhalten soll, auf einer Maschine hergestellt, welche das Anköpfen, Zuspitzen und Lostrennen des Nagels von dem Drahte, kurz, sämmtliche Arbeiten zur Umwandlung eines Drahtrings, wie ihn das Ziehwerk liefert, in fertige Drahtstifte mit Kopf und Spitze ausführt und wegen ihrer sichern und raschen Arbeit eine etwas ausführlichere Besprechung verdient.

Fig. 615 (a. f. S.) stellt die Ansicht einer solchen Maschine von oben, Fig. 616 (a. S. 849) einen senkrechten Schnitt durch die Tischplatte derselben dar. Letztere wird durch Schrauben auf einem hölzernen Rahmen mit vier Füssen befestigt. Der Antrieb wird von einer Transmission aus durch die eine der beiden in Fig. 615 ersichtlichen Riemenscheiben auf die horizontale doppelt gelagerte Hauptwelle der Maschine übertragen und die Gleichförmigkeit der Bewegung durch ein zwischen den Riemenscheiben und dem Tische eingeschaltetes Schwungrad gesichert. Die zweite Riemenscheibe ist Losscheibe für die Ausrückung.

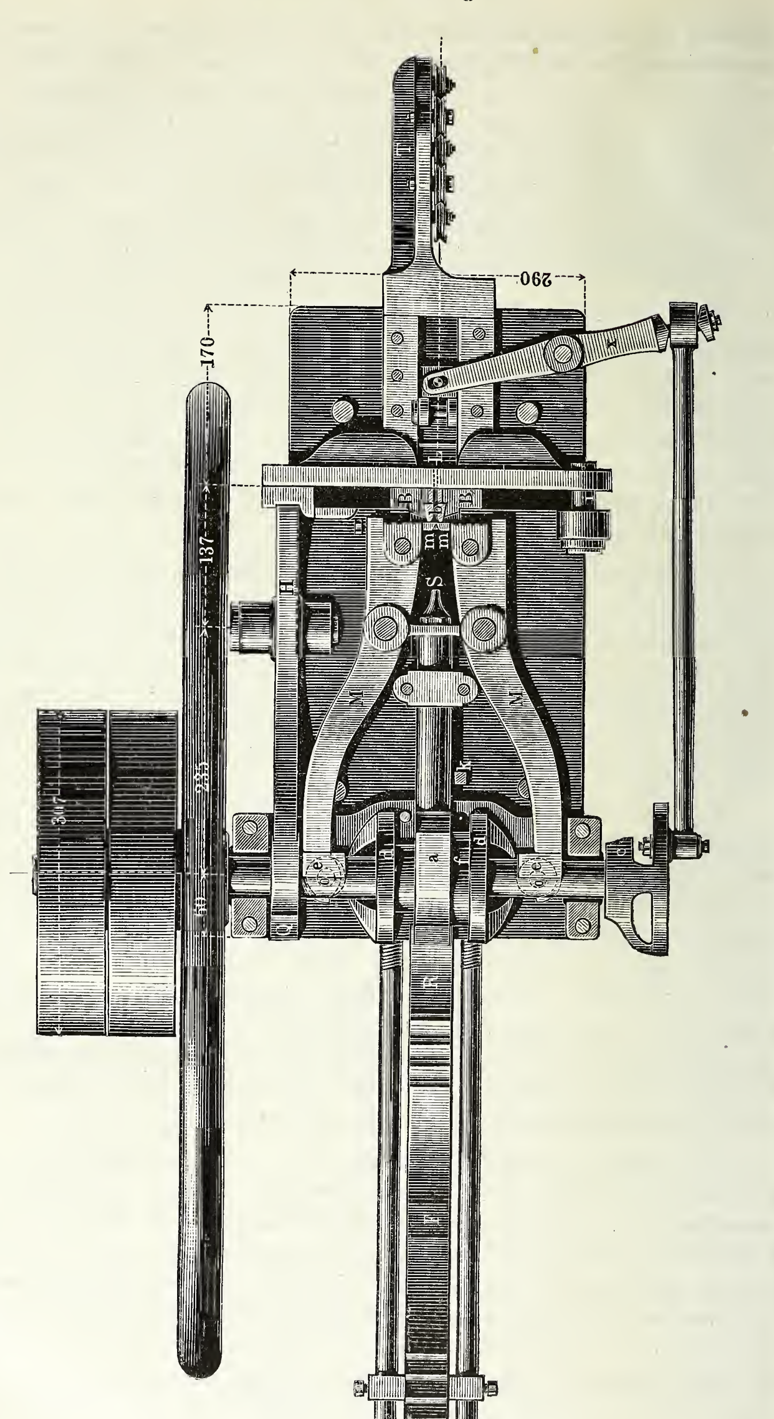



Fig. 615.

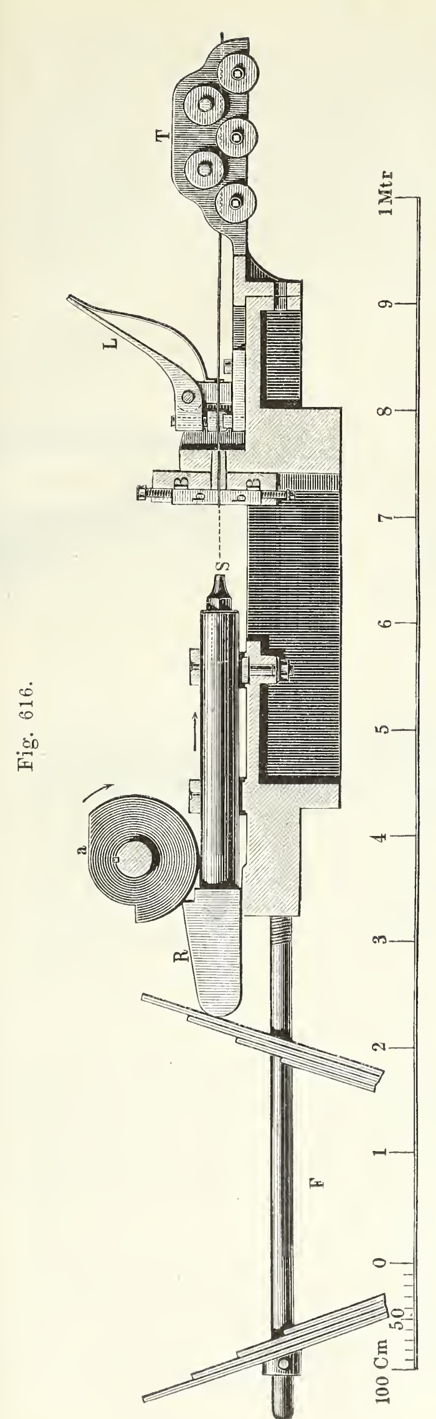
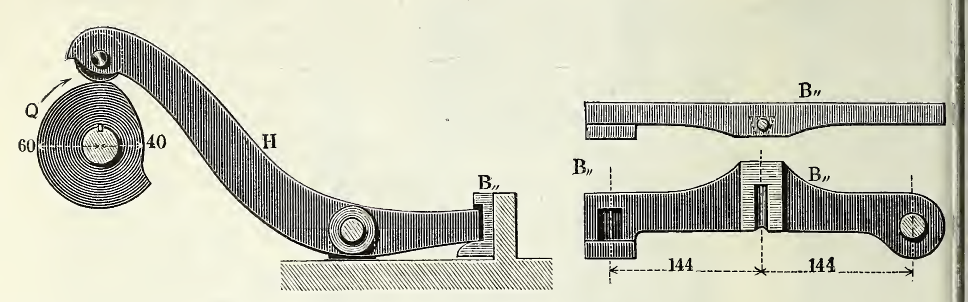



Fig. 616.

Der zur Verarbeitung bestimmte Draht befindet sich an der rechten Seite der Maschine auf einem Haspel mit horizontaler Achse; das vordere Ende des Drahts muss, bevor es zur eigentlichen Maschine gelangt, die fünf Rollen in dem angeschraubten Rollenhalter *T* passiren, welche den Zweck haben, den Draht bei seinem Durchgange zu richten, die gekrümmte Form desselben in eine geradlinige zu verwandeln. Von hier aus gelangt der Draht nach dem Zubringer *L*, welcher denselben periodenweise um so viel nach links vorschiebt, als die Länge eines Drahtstifts beträgt. Zu diesem Ende sitzt auf dem Ende der Betriebswelle die Schlitzkurbel *c*, deren Bewegung durch die in Fig. 615 ersichtliche Schubstange (mit konisch geformtem Auge an der rechten Seite) und den horizontalen Doppelhebel *x* auf den in zwei Prismenführungen gleitenden Schlitten *L* übertragen wird, so dass derselbe hin- und hergehende Bewegung erhält. Durch Verstellung des Angriffspunkts der Schubstange lässt sich die Grösse dieses Hubes gemäss der Länge der zu fertigenden Stifte beliebig regeln. Auf dem Schlitten ist eine zangenartige, in Fig. 616 erkennbare Vorrichtung befestigt, welche durch den Druck einer Feder so weit geschlossen gehalten wird, dass sie den Draht mitnimmt, sobald sich dem Vorschube desselben kein Hinderniss entgegenstellt, und leer über denselben fortgleitet, ohne ihn

zu beschädigen, wenn er auf irgend eine Weise in seiner Bewegung gehemmt ist. Dieses Hemmniss der Bewegung tritt nun regelmässig kurz bevor der Schlitten seine Rückwärtsbewegung nach rechts beginnt, in folgender Weise ein. Auf der Antriebswelle ist zunächst dem Schwungrade eine Scheibe $Q$ befestigt, deren Umfang, wie in Fig. 617 ersichtlich ist, in ungefähr $^1/_3$ der ganzen Länge excentrisch ausgeschnitten ist. Auf der Scheibe ruht mit einer Rolle der längere Arm eines gekrümmten eisernen Hebels $H$, der mithin während circa $^2/_3$ Umdrehungen der Scheibe

Fig. 617.



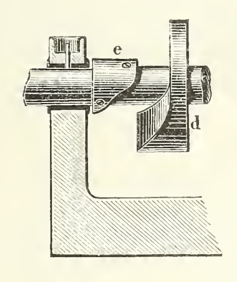

im höchsten Stande verharrt, während $^1/_3$ Umdrehung aber in Folge seines eigenen Gewichts, dem Umfange der Scheibe folgend, sich senkt. Das vordere kürzere Ende des Hebels $H$ greift in das Ende eines einarmigen, quer über den Tisch der Maschine hinweggehenden zweiten Hebels $B_2$ und hebt diesen empor, so lange der Ausschnitt der Scheibe $Q$ oben steht. Da, wo der Draht unter dem Hebel $B_2$ hinweggehen muss, ist der letztere mit einer auswechselbaren Stahlbacke $b$, Fig. 616, versehen, welche durch eine zweite, im festliegenden Untertheile $B_1$ befestigte Backe ergänzt wird. Für den Durchgang des Drahts enthält jede dieser Backen eine halbcylindrische Rinne, mit kleinen Zähnchen an der Innenfläche versehen, um den Draht festzuhalten, sobald der Hebel $B_2$ gesenkt und dadurch die obere Backe auf die untere gedrückt ist; und an dem linken Ende mit einer konischen Erweiterung in Rücksicht auf die konische Form des Nagelkopfs, welcher an dieser Stelle geprägt wird (Fig. 615 zeigt die untere Backe $b$ nach Abnahme des Hebels $B_2$). Die geschlossenen Backen $bb$ dienen daher gemeinschaftlich als Ambos oder Untergesenk für die Bildung des Kopfs.

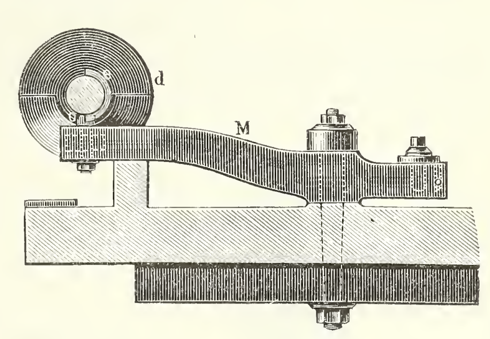
Dieses Ausprägen des Nagelkopfs erfolgt bald nachdem das Drahtende zwischen den Backen hervorgetreten ist und während der Zubringer noch seinen leeren Rückgang vollführt, durch den horizontalen, in zwei Lagern geführten Hammer $R$ (Fig. 615 und 616), dessen Kopf $S$ aus hartem Stahle gefertigt und zum Auswechseln eingerichtet ist. Für die

Bewegung desselben dienen die Scheibe *a* und die Feder *F*. Erstere erfasst den Hammer nach beendigtem Schlage mit dem daumenartigen, an ihrem Umfange befindlichen Vorsprunge, führt ihn nach links zurück und hält ihn dort während circa $^2/_3$ Umdrehungen fest; sobald aber das letzte excentrisch ausgeschnittene Drittel des Scheibenumfangs nach unten steht, erhält der Hammer Spielraum und wird durch die Feder nach rechts geschleudert. Die Feder hat, wie schon aus Fig. 616 hervorgeht, winkelförmige Gestalt und ist an ihrem Scheitel in einem um einen Zapfen drehbaren Gehäuse befestigt; mit der Rückseite stemmt sie sich gegen einen an zwei Führungsstangen verstellbaren Querriegel, so dass durch dessen Verstellung ihre Spannung und somit die Wirkung des Schlages verändert werden kann, je nachdem man dickern oder dünnern Draht verarbeitet.

Wenn das Anköpfen beendigt ist, beginnt mit dem Rückgange des Hammers ein weiterer Vorschub des angeköpften Drahts um das Maass einer Nagellänge. In dem Augenblicke nun, wo dieser Vorschub beendet ist, findet, während der Hammer noch in seiner hintersten Stellung festgehalten ist, in ganz geringem Abstande von den beiden Backen *b* das Zuspitzen des Drahts statt. Hierzu dienen die beiden zangenartig zusammengreifenden Doppelhebel *MM* (Figuren 615 und 618). Die

Fig. 618.

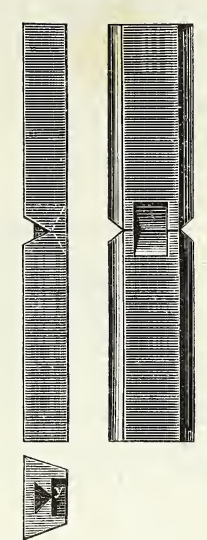



längeren Arme dieser Hebel greifen an ihren Enden mit je einem aufwärts gerichteten Zapfen in eine an der Betriebswelle der Maschine befindliche curvenförmige Nuth von solcher Gestalt, dass sie während eines Umlaufs der Maschine ein Mal rasch nach aussen gedrückt werden, dann aber sogleich zurückgehen und während der übrigen Zeit des Umlaufs in Ruhe verharren. Diese Bewegung der langen Hebelarme hat die entgegengesetzte der kürzern zur Folge: die Zange schliesst sich ein Mal während eines Umlaufs und wird dann rasch wieder geöffnet. Die kurzen Arme sind da, wo sie zusammentreten, mit Stahleinsätzen (*mm* in Fig. 615) ausgerüstet, um die Spitze auszubilden, welche gewöhnlich die Form einer vierseitigen Pyramide erhält. Bei dem Zusammendrücken

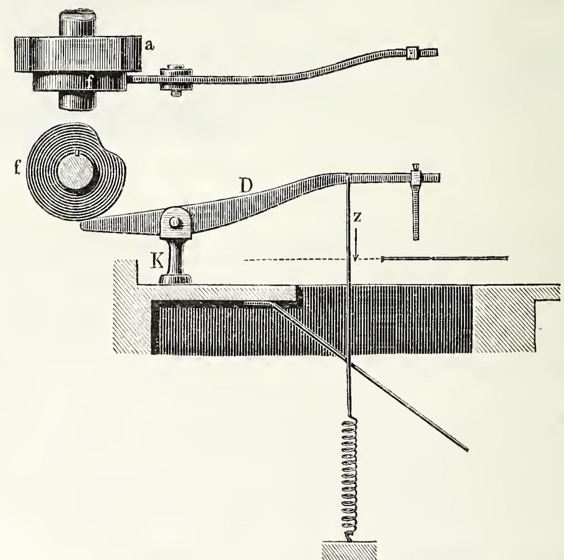
des Drahts zu einer solchen Spitze muss das überflüssige Material ausweichen; giebt man den Stahlbacken eine Form wie sie in Fig. 619 in halber natürlicher Grösse abgebildet ist, so entsteht durch das ausweichende Material eine Verdickung an dem Ende des nachfolgenden Drahts, welche die Bildung des nächsten Kopfs erleichtert.

Fig. 619.




Wenn die Hebel nach geschehener Bildung der Spitze sich öffnen, hängt der fertige Nagel nur noch lose an dem nachfolgenden Drahte, und es bedarf eines geringen Stosses, um ihn von demselben zu trennen. Zur selbstthätigen Ausführung dieser letzten Arbeit befindet sich seitlich von dem Hammer zwischen den Zangenhebeln ein in der Verticalebene beweglicher, etwas gekrümmter Hebel *D*, in Fig. 620 besonders abgebildet, dessen Standort auch im Grundrisse bei *k* erkennbar ist Der hintere kürzere Arm dieses Hebels wird durch die Scheibe *f* während eines Umlaufs der Betriebswelle so lange niedergedrückt, bis der kurze excentrische Ausschnitt der Scheibe unten steht; nun erhält der hintere Arm Spielraum; der vordere längere Arm schnellt in Folge der Wirkung einer mit ihm verbundenen Spiralfeder *Z* abwärts, schlägt dabei mit einem an ihm verstellbar befestigten senkrecht gerichteten Stabe auf den noch schwe-

Fig. 620.



benden Nagel und trennt diesen dadurch von dem Drahte ab. Derselbe fällt durch eine Oeffnung in der Tischplatte auf eine unterhalb derselben angebrachte schiefe Ebene, auf welcher er in einen bereit stehenden Behälter hinabgleitet.

Sobald die Trennung erfolgt ist und der Hebel wieder seinen frühern Stand eingenommen hat, schnellt der Hammer vor, um den Kopf des folgenden Nagels zu bilden; dann wieder Vorschub des angeköpften Drahts, Zuspitzen, Lostrennen u. s. f. Bei jeder Umdrehung der Betriebswelle erfolgt also ein vollständiger Drahtstift; durchschnittlich macht die Maschine für grössere Nägel 60 Umdrehungen per Minute, so dass stündlich circa $3^1/_2$ mille Drahtstifte fertig werden; bei kleineren dagegen läuft sie bedeutend rascher, so dass man bis zu 20 mille per Stunde fertigen kann.

Nägel aus eisernen Stiften mit Messingköpfen werden gewöhnlich in der Weise gefertigt, dass man zunächst die Stifte schneidet, anspitzt und den Kopf angiesst. Man stellt zu diesem Zwecke eine Gussform in Sande nach einem Modelle her, welches zahlreiche, um einen gemeinschaftlichen Einguss gruppirte Nagelköpfe darstellt; an Stelle der Stifte trägt das Modell Kernmarken, so dass für jeden Stift in der Gussform eine entsprechend grosse Rinne entsteht, in welcher er zu liegen kommt, während sein Ende in die hohle, für die Aufnahme des flüssigen Messings bestimmte Gussform hineinragt. Die gegossenen Nagelköpfe werden gebeizt und abgeschmirgelt, um blank zu werden. Die Stifte für die Bildernägel lassen sich auf der Drahtstiftmaschine herstellen, wobei nur das Anköpfen wegfällt; sollen sie statt der Spitze Holzschraubengewinde erhalten, so werden sie auf der Drehbank angeschnitten.

Sehr mannigfaltig sind die Methoden, um die bekannten Tapezier- oder Möbelnägel mit den fast halbkugligen, unterwärts hohlen, Köpfen zu fertigen. Schon in einer und derselben Handlung wird man meistens drei bis vier verschiedene Sorten solcher Nägel kaufen können, deren abweichende Herstellungsweise schon bei oberflächlicher Betrachtung deutlich zu erkennen ist.

Die älteste Methode ist wohl die Anfertigung durch Giessen in Messing, wobei Kopf und Stift aus einem Stücke bestehen. Bei diesem Verfahren wird jedoch der Rand der Köpfe gewöhnlich rauh, der Messingverbrauch ist gross, und es stehen deshalb die Anfertigungskosten in einem ungünstigen Verhältnisse zu der Vollkommenheit der Erzeugnisse. Das Giessen wird erleichtert, wenn man die Köpfe flach (statt gewölbt) giesst und dann erst mit Hilfe eines Stempels nebst Matrize im Fallwerke auftieft. Man erhält dadurch schwächere Metallstärke im Kopfe und vollendetere Form.

In anderer Weise stellt man die Köpfe für sich aus Messingblech mit Hilfe eines Durchschnitts dar, dessen Oberstempel convexe Form besitzt, so dass er zugleich die Köpfe ausstösst und schalenartig hohl biegt. Die Stifte werden aus Eisendraht gefertigt (wozu sich die Draht-

stiftmaschine eignet) und mit Schnellloth in den Kopf eingelöthet. Da jedoch die Löthung mit Schnellloth nicht genügende Haltbarkeit besitzt, um den ausgeübten Hammerschlägen mit Sicherheit zu widerstehen, so sind solche Nägel wenig gesucht, und das Verfahren ist nur noch selten üblich.

Dagegen wird man häufig Tapeziernägel, besonders aus französischen Fabriken stammend, finden, deren Kopf an der Unterseite einen kleinen Wulst besitzt und mittelst desselben den aus Eisen gefertigten Stift umschliesst. Die Vereinigung von Kopf und Stift erfolgt hierbei durch Prägung, wobei eine und dieselbe Maschine sowohl die Herstellung als die Vereinigung der beiden Theile besorgen kann. Als Material wird demnach der Maschine Draht für den Stift und Blech für den Kopf zugeführt; die Maschine liefert hieraus den Nagel mit flachem Kopfe, welcher in einer zweiten kleinern Maschine durch eine abermalige Prägung seine Vollendung erhält. Das Princip einer solchen Maschine[1]) ist folgendes. Ein Streifen aus Kupfer- oder Messingblech und das Ende eines Eisendrahtrings werden mit ruckweisem Vorschube unter einem rechten Winkel gegen einander geführt, der Kupferstreifen in annähernd horizontaler, der Eisendraht in annähernd senkrechter Richtung. Die Vorrichtungen zum Vorschube, Anspitzen etc. des Eisendrahts sind denjenigen der oben beschriebenen Drahtstiftmaschine sehr ähnlich, nur dass hier die Bewegung nicht in horizontaler, sondern in senkrechter Richtung erfolgt. Die erste Arbeit der Maschine ist die Bildung eines Grübchens an der Oberfläche des Metallstreifens mit Hilfe eines entsprechend geformten Stempels.

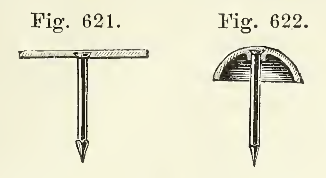
Nun wird der Streifen vorgeschoben und zwar um genau so viel, dass das soeben entstandene Grübchen sich unmittelbar unter dem sich abwärts bewegenden Eisendrahte befindet; gleichzeitig aber erhält auch dieser seinen Vorschub dergestalt, dass sein Ende bis in das Grübchen hineintritt. Während der nun folgenden Pause des Vorschubs drückt von unten her ein Stempel gegen den Streifen und bildet am Ende des Drahts einen Kopf aus, der innerhalb des Grübchens sich ausbreitet, während zugleich durch den Druck von der entgegengesetzten Seite her das um das Grübchen bei Entstehung desselben angehäufte Metall des Streifens zusammengedrückt und somit wieder über dem entstandenen Nagelkopfe um den Draht herum zusammengeschoben wird. Der Stempel wirkt aber zugleich als Durchstoss und trennt den Nagelkopf als flache kreisrunde Scheibe aus dem Streifen. Gleichzeitig erfolgt die Bildung der Nagelspitze und das Abtrennen vom Drahte in ganz ähnlicher Weise als auf der Drahtstiftmaschine. Inzwischen ist auch ein neues Grübchen auf dem Metallstreifen gebildet und bei dem jetzt eintretenden Vor-

---

[1]) Ausführlich beschrieben und abgebildet in Dingler's polytechnischem Journale, Bd. 198, S. 473; aus dem Bulletin de la société d'encouragement 1869, S. 257.

schube wiederholen sich nun alle die beschriebenen Operationen. Der Nagel kommt also in der Form Fig. 621 aus der Maschine heraus. Er gelangt zu einer Scheuertonne mit Kleie gefüllt, um gereinigt und von Grat befreit zu werden, dann zu der erwähnten zweiten, in ihrer Construction weit einfachern Maschine, wo das Auftiefen des Kopfs erfolgt. Die Matrize ist convex, der Stempel concav geformt; erstere ist hohl, um den Nagelstift aufzunehmen und zugleich dient diese Höhlung zur Bewegung des Nagelauswerfers nach beendigter Prägung. Die Bewegung des Stempels erfolgt in horizontaler Richtung, so dass der geprägte Nagel leicht nach unten herausfallen kann, sobald er durch einen leichten Stoss gegen den Stift von der Matrize abgelöst ist. Die Zuführung der Nägel erfolgt selbstthätig innerhalb einer rinnenartigen Vorrichtung, so dass, sobald ein fertiger Nagel herausgeworfen ist, ein frischer an dessen Stelle tritt. Durch die Stauchung bei dem Auftiefen des Kopfs wird das Material rings um den Stift zusammengedrängt, wodurch derselbe einen noch sicherern Halt in dem Kopfe erhält. Fig. 622 zeigt die Form des fertigen Nagels.

Fig. 621. Fig. 622.



Wo eine solche, in ihrer Einrichtung immerhin etwas complicirte Maschine nicht zu Gebote steht, wird das Herstellungsverfahren in folgender Weise abgeändert. Auf einem Durchstosse werden kreisrunde Scheiben aus Messingblech oder Kupferblech ausgestossen, dessen Stärke etwas beträchtlicher ist als diejenige der Nagelköpfe. Dieselben gelangen zu einem Prägwerke (Fallwerke oder Schraube), wo sie zwischen Ober- und Unterstempel die Form Fig. 623 erhalten; die Stifte werden für sich mit Kopf auf einer Drahtstiftmaschine gefertigt. Der Kopf des Stifts passt in den Ring der Scheibe; auf einem zweiten Prägwerke wird nun die Messingplatte wieder zwischen Ober- und Unterstempel halbkugelig aufgetieft und dabei der kleine aufstehende Bord derselben rings um den Stift zusammengepresst, so dass er über den Rand des Stiftkopfs hinweggreift und eine sichere Verbindung zwischen Stift und Platte herbeiführt. Der Prägstempel (beziehentlich die Matrize) ist hohl, um dem Schafte des Drahtnagels Platz beim Prägen zu geben. Die Form des fertigen Nagels ist ganz die nämliche wie in Fig. 622 [1]).

Fig. 623.

Nicht selten findet man in neuerer Zeit auch Tapeziernägel, deren Kopf aus Eisenblech geprägt und mit ganz dünnem Kupferblech überzogen ist. Der Schaft des eisernen Drahtstifts geht durch die eiserne Platte hindurch und der Stiftkopf befindet sich zwischen dieser und der

---

[1]) Näheres über diese letztere Darstellungsmethode nebst Abbildungen der zu benutzenden Stempel und Matrizen: Deutsche Industriezeitung, Jahrg. 1872, S. 354.

Messingplatte eingeschlossen. Fig. 624 veranschaulicht die Zusammensetzung eines solchen Nagels. Die Arbeiten bei Anfertigung desselben, über welche, soweit meine Kenntniss reicht, bislang nichts veröffentlicht worden ist, dürften auf einer Maschine, ähnlich der oben beschriebenen, in folgender Reihenfolge vorgenommen werden. Ein Blechstreifen und ein Draht, beide von Eisen, werden ruckweise unter rechtem Winkel gegen einander vorgeschoben. Der Blechstreifen wird, ehe er den Draht erreicht, gelocht und erhält dabei einen aufgeworfenen Rand rings um das Loch. Bei dem nächsten Vorschube tritt der Eisendraht in das Loch; nun folgt an derselben Stelle das Anköpfen des Drahts, wobei der Rand des Lochs schon fest um den Draht zusammengepresst wird, das Zuspitzen des Drahts und das Ausstossen der runden Scheibe, worauf diese sammt dem eingeklemmten Drahtstifte herausgeworfen wird. Auf einer andern Maschine geschieht das Ausstossen der Messingplättchen, deren Durchmesser einige Millimeter grösser sein muss als derjenige des Kopfs; dann Aufbiegen des Randes dieser Plättchen im Gesenke, Einlegen des Nagels und schliesslich Auftiefen des Kopfs, wobei zugleich der Rand des Messingblechs über den Rand der als Kern dienenden Eisenschiebe übergelegt und festgedrückt wird.

Fig. 624.



Der Hauptvortheil dieser letzten Methode vor der früher beschriebenen dürfte in dem geringern Verbrauche an Messing oder Kupfer zu suchen sein.

Die in ihrer Form fertigen Tapeziernägel werden — unter Umständen nach vorausgegangenem Beizen mit Schnellbeize — polirt und alsdann, wenn sie nicht ihre ursprüngliche Farbe behalten sollen, durch Weisssieden, Versilbern, Vergolden etc. mit einem andern Metallüberzuge versehen.

## Die Münzen.

Der Handel und Verkehr der Menschen und Völker unter einander beruhte in den ältesten Zeiten und beruht noch jetzt bei rohen Volksstämmen auf einfachem Austausche von Waaren; und in gleicher Weise wurde geleistete Arbeit durch Lieferung von Gegenständen bezahlt, welche als Lebensbedürfnisse, Schmuck oder dergleichen unmittelbar von dem Empfänger ihrem Zwecke gemäss benutzt werden konnten.

Mit der Zunahme des Verkehrs wuchs aber die Schwierigkeit, für alle Fälle solche Tauschobjecte gegen begehrte Waaren (oder Arbeit) in Bereitschaft zu halten, welche dem Empfänger — dem Bringer jener Waaren — begehrenswerth, dem Geber entbehrlich waren. Als daher die Metalle immer mehr Verwendung für die im täglichen Leben benutzten Geräthe etc. fanden; als man anfing, in Erkenntniss dieses Werths der Metalle nicht allein die gediegen vorkommenden zu verwenden, sondern sie auch hüttenmännisch aus Erzen zu gewinnen, da

erwiesen sich diese Metalle bald als ein sehr bequemes Tauschmittel für Gegenleistungen aller Art; denn sie waren nicht, wie viele andere Tauschobjecte, der Verderbniss unterworfen, sie erforderten wenig Platz und besassen obenein in den meisten Ländern einen relativ höhern Werth als in jetziger Zeit.

So wurden die Metalle zu einem vielfach benutzten Zahlungsmittel der handeltreibenden Völker; man lieferte für irgend eine Waare oder Arbeit eine bestimmte Menge dieses oder jenes Metalls. Damit war ein erheblicher Schritt vorwärts zur Erleichterung gegenseitiger kaufmännischer Beziehungen geschehen. Hinderlich und zeitraubend war jedoch hierbei die Aufgabe, bei jedem Kaufe die Menge des als Zahlungsmittel dienenden Metalls gemäss der getroffenen Uebereinkunft abzusondern und zu prüfen; und je lebhafter der Handel und Wandel emporblühten, desto empfindlicher wurde dieser Uebelstand. Der Gedanke lag also nicht fern, dass zur fernern Erleichterung des kaufmännischen Verkehrs Stücke der Metalle von bestimmtem Gewichte in grösseren Mengen hergestellt, zur leichtern Erkennung in eine bestimmte Form gebracht und zur Garantie ihres richtigen Gewichts durch eine Vertrauensperson mit einem betreffenden, schwierig nachzuahmenden äussern Zeichen versehen wurden.

So entstand der Anfang der Münzkunst.

Bei den Chinesen sollen schon um 2000 v. Chr. Münzen im Gebrauche gewesen sein; unter den übrigen historischen Völkern finden sich die ersten Spuren wirklicher Münzen bei den Phöniciern. Von diesen entlehnten die Griechen den Gebrauch des neuen Tauschmittels. Die Römer bedienten sich der Münzen zuerst zur Zeit des Servius Tullius; in Deutschland wurden die ersten Münzen im neunten Jahrhundert nach Christus gefertigt.

Die sowohl früher als noch jetzt am häufigsten zur Münzenanfertigung benutzten Metalle sind: Gold, Silber und Kupfer. Eisen soll bei den Spartanern zur Zeit des Lykurg als Münzenmetall verwendet worden sein, ein Beweis, wie hoch dasselbe damals im Preise gestanden haben muss; Platin wurde in Russland von 1828 bis 1845 zu Münzen verarbeitet, die aber 1845 sämmtlich wieder eingezogen wurden. In der neuesten Zeit hat endlich das Nickel neben den genannten Metallen eine ziemlich ausgedehnte Anwendung in den Münzwerkstätten gefunden.

Aber nur selten werden jene Metalle ganz rein verwendet. Gold, Silber und Kupfer sind in reinem Zustande so weich, dass in Folge der häufigen Benutzung nicht allein das Gepräge — das Erkennungszeichen für den Werth der Münze — durch Niederdrücken und Verschiebung sehr bald undeutlich werden, sondern auch durch Abreiben eine merkliche Verminderung des Gewichts und somit des wirklichen Werths der Münze eintreten würde; und natürlicherweise macht gerade der letztere Umstand sich um so empfindlicher geltend, je kostbarer das betreffende Metall ist.

Nickel aber ist im reinen Zustande so schwierig verarbeitbar, dass es aus diesem Grunde ungeeignet für die Münzendarstellung sein würde.

Man bildet also durch Zusatz anderer Metalle Legirungen, welche sich durch grössere Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Reibung, beziehentlich grössere Verarbeitungsfähigkeit auszeichnen; und zwar legirt man zu diesem Zwecke Gold, Silber und Nickel mit Kupfer, Kupfer mit Zinn und Zink.

In Rücksicht auf die grosse Differenz im Preise des Kupfers gegenüber den Preisen des Silbers und Goldes ist es selbstverständlich, dass die Zusammensetzung jener Legirungen insbesondere bei Silber- und Goldmünzen aufs Genaueste vorgeschrieben und innegehalten werden muss, damit die Werthe zweier Münzen, die im Aeussern einander gleich sind und gleichen Nennwerth besitzen, auch thatsächlich mit einander übereinstimmen. Man nennt den Gehalt einer Münze an reinem Golde oder Silber ihren Feingehalt. Während derselbe in früheren Jahren in den verschiedenen Ländern erhebliche Unterschiede zeigte, hat man in neuerer Zeit in den meisten Ländern, wo ein neues Münzsystem eingeführt wurde, nach dem Beispiele Frankreichs einen Feingehalt von 0,900 sowohl für Gold- als die grösseren Silbermünzen angenommen. Nur für die kleineren Silbermünzen zieht man in manchen Ländern einen geringern Feingehalt vor, theils, um ihnen eine noch grössere, dem öftern Gebrauche entsprechende Dauerhaftigkeit durch stärkere Legirung mit Kupfer zu geben, dann auch, um nicht das Format der geringwerthigen Münze allzu unansehnlich erscheinen zu lassen.

Der Feingehalt beträgt z. B. in Deutschland:

| | | |
|---|---|---|
| Bei sämmtlichen Reichsgoldmünzen . . . . . . . . . . | 0,900 | Gold, |
| „ „ Reichssilbermünzen und den seit 1857 geprägten Vereinsthalern . . . . . . . . . | 0,900 | Silber, |
| „ den norddeutschen Thalern vor 1857 . . . . . . | 0,750 | „ |
| „ „ preussischen, nicht mehr gültigen Silbergroschen | 0,220 | „ |

In Oesterreich:

| | | |
|---|---|---|
| Bei den Ducaten . . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,986 | Gold, |
| „ „ Doppelgulden und Gulden seit 1857 . . . . . | 0,900 | Silber, |
| „ „ Viertelgulden seit 1857 . . . . . . . . . . . | 0,520 | „ |
| „ „ 20 Kreuzer „ „ . . . . . . . . . . | 0,500 | „ |
| „ „ 10 „ „ 1868 . . . . . . . . . . | 0,400 | „ |
| „ „ 5 „ „ „ . . . . . . . . . . | 0,350 | „ |

In Frankreich, Italien, Belgien und der Schweiz:

| | | |
|---|---|---|
| Bei sämmtlichen Goldmünzen . . . . . . . . . . . . | 0,900 | Gold, |
| „ den 5-Francs-Stücken . . . . . . . . . . . . . | 0,900 | Silber, |
| „ „ übrigen neueren Silbermünzen . . . . . . . | 0,835 | „ |

In England:

| | | |
|---|---|---|
| Bei den Sovereigns . . . . . . . . . . . . . . . | 0,916 | Gold, |
| „ „ Silbermünzen . . . . . . . . . . . . . . . | 0,925 | Silber, |

In den Vereinigten Staaten Nordamerikas:

Bei den Goldmünzen seit 1837 . . . . . . . . . . . . 0,900 Gold,
„ „ Silbermünzen seit 1837 . . . . . . . . . . . . 0,900 Silber.

Kupfermünzen bestehen in Deutschland, Frankreich, England und anderen Ländern aus

95 Theilen Kupfer,
4 „ Zinn,
1 Theil Zink,

verdienen also thatsächlich den Namen Bronzemünzen; antike Münzen enthielten weit mehr Zink (vergleiche die auf Seite 10 mitgetheilten Analysen); französische Münzen, in den ersten Jahren der französischen Revolution aus den Glocken aufgehobener Klöster geprägt, sind in Folge dieses Umstandes reicher an Zinn.

Nickelmünzen enthalten in Deutschland, Nordamerika (seit 1863), Belgien, Brasilien 25 Theile Nickel und 75 Theile Kupfer; ältere nordamerikanische Nickelmünzen enthalten nur 12 Procent Nickel. Es ist hierbei die intensiv färbende Eigenschaft des Nickels wichtig, durch welche die aus solchen Legirungen gefertigten Münzen eine bleibende weissgraue Farbe erhalten, während Silbermünzen mit einem so reichlichen Kupfergehalte eine entschieden röthliche Färbung besitzen würden (welche z. B. bei den früheren preussischen Silbergroschen schon nach kurzem Gebrauche deutlich hervortrat)[1].

Diejenige Zahl, welche angiebt, wie viele Münzen bestimmter Gattung aus einem bestimmten Gewichte des Feinmetalls hergestellt werden, heisst der Münzfuss. Nach dem Münzfusse des deutschen Reichs werden aus 1 Pfund oder 500 g Feingold für 1395 Mark Nennwerth Goldmünzen, aus 1 Pfund Feinsilber für 100 Mark Nennwerth Silbermünzen geschlagen. Aus dem Feingehalte der Münzen und dem Münzfusse berechnet sich das Gewicht der legirten Münze. Bei dem Feingehalte der deutschen Goldmünzen = 0,900 enthält 1 Pfund legirtes Goldmetall 0,900 Pfund Feingold, aus welchem $0,9 \times 1395 = 1255,50$ Mark Goldmünzen geprägt werden können; ebenso aus 1 Pfund legirtem Silber $0,9 \times 100 = 90$ Mark Silbermünzen.

Da es aber bei der Anfertigung im Grossen unmöglich sein würde, sowohl hinsichtlich des Feingehalts als des Gewichts jeder einzelnen Münze die gegebenen Bestimmungen ganz genau inne zu halten, so ist in allen Ländern eine sogenannte „Toleranz“ gesetzlich festgestellt, d. h. ein Maximum der zulässigen Abweichungen von dem normalmässigen Feingehalte und Gewichte bei einer einzelnen Münze, wobei man von der Ansicht ausgeht, dass in der Gesammtmenge der geprägten Münzen die entgegengesetzten Abweichungen sich gegenseitig wieder ausgleichen werden. Bei den deutschen Reichsmünzen ist z. B. die Toleranz:

---

[1]) Vergleiche Dingler's polyt. Journal Bd. 223, S. 1: Karmarsch, Betrachtungen über das europäische Münzwesen.

| | im Feingehalte | im Gewichte |
|---|---|---|
| Für Silbermünzen . . . . . . . . . . . | ± 0,3 Proc. | ± 1,00 Proc. |
| „ Goldmünzen (20- und 10-Mark-Stücke) | ± 0,2 „ | ± 0,25 „ |
| „ „ (5-Mark-Stücke) . . . . | ± 0,2 „ | ± 0,40 „ |

Die Münzen der jetzigen Zeit haben fast ohne Ausnahme die bekannte scheibenförmige Gestalt mit kreisrundem Umfange. Man giebt ihnen dadurch diejenige Form, welche für den Gebrauch die bequemste ist, welche die äusseren, durch das Gepräge gegebenen Kennzeichen deutlich hervortreten lässt und am wenigsten leicht durch Verbiegen oder dergleichen leidet. Im Alterthume dagegen gab es längliche, keilförmige, konische und andere Münzen.

Das eigentliche charakteristische Kennzeichen der Münze wird durch ihr Gepräge gebildet.

Wie schon oben hervorgehoben wurde, soll das Gepräge die Garantie für den Werth der Münze bilden; damit aber dieser Zweck erreicht werde, muss dasselbe nicht nur in deutlicher und verständlicher Weise die Bezeichnung des Nennwerths und des Landes, welchem sie angehört und von dessen Regierung der Werth garantirt wird, enthalten, sondern das Gepräge muss auch derartig beschaffen sein, dass es eine betrügliche Werthverminderung durch Wegnahme von Spänchen an der Oberfläche und am Rande (die natürlich um so mehr zu fürchten ist, je werthvoller das Metall ist) leicht erkennen lässt und die Nachbildung durch Falschmünzer erschwert. Das geeignetste Mittel, einer betrüglichen Verkleinerung der Münzen durch Befeilen etc. des Randes vorzubeugen, ist die Anbringung einer rings um den Rand herumlaufenden Schrift oder ornamentalen Verzierung (Rändelung); am besten erhaben, meistens aber in Rücksicht auf die Schwierigkeiten, welche eine erhabene Randschrift beim Prägen hervorruft, vertieft ausgeführt. Daneben lässt das sogenannte „Stäbchen“, d. h. der schmale am Rande der meisten in der Neuzeit geprägten Münzen herumlaufende erhabene Reifen eine Verkleinerung der Münze um so leichter erkennen, je schmaler er selbst ist.

Die Nachahmung durch Fälscher wird um so schwieriger, je reicher, künstlerischer die Zeichnung und je vollendeter die Ausführung ist.

Endlich soll aber das Gepräge auch ein solches sein, dass es durch den Gebrauch möglichst wenig abgenutzt werde. Diese Aufgabe zu erfüllen ist eine andere Bestimmung des erwähnten „Stäbchens“; die Höhe desselben wird so beträchtlich bemessen, dass die Münze, auf einer flachen Ebene — Tischplatte — aufliegend, nur auf dem Stäbchen ruht und das übrige Gepräge nicht berührt wird. Selbstverständlich muss zu diesem Zwecke das letztere flach gehalten werden und nur bei Medaillen, die nicht für den Umlauf bestimmt sind, wendet man aus Schönheitsrücksichten kräftigere Reliefs an. Häufig erleichtert man noch die Lösung jener Aufgabe des Stäbchens, indem man den Flächen der Münze eine schwach concave Form giebt.

Für die Anfertigung der Münzen sind folgende Arbeiten erforderlich.

Die zu verarbeitende Legirung wird im Tiegel geschmolzen. In den meisten Fällen wird man sich eines Tiegelschachtofens, mit Holzkohlen oder Koks geheizt, zum Schmelzen bedienen. Man benutzt Graphittiegel, für Silber bisweilen schmiedeeiserne oder gusseiserne Tiegel. Der Inhalt der Tiegel pflegt entsprechend dem Umfange des Betriebes 200 bis 300 kg zu sein; schmiedeeiserne Tiegel werden sogar in Grössen bis zu 1100 kg Inhalt angewendet. Die Tiegel werden zur Rothgluth angewärmt, dann das Metall eingesetzt und mit Holzkohlenlösche bedeckt.

Von Gold- und Silberlegirungen nimmt man, wenn das Schmelzen beendet ist, mit einem Schöpflöffel eine kleine Probe, giesst dieselbe aus und unterwirft sie einem Probirverfahren durch Abtreiben oder auf nassem Wege, um den Feingehalt zu prüfen. Wenn dieselbe ein befriedigendes Ergebniss geliefert hat, folgt das Ausgiessen.

Man benutzt gusseiserne, zweitheilige, stehende Formen [1]), in welchen das Metall zu Stäben von 400 bis 600 mm Länge, 4 bis 8 mm Dicke und einer dem Durchmesser der Münzen entsprechenden Breite ausgegossen wird. Diese Stäbe heissen Zaine. Entwickelt die Legirung reichliche Gasmengen beim Giessen, wie z. B. die Nickellegirungen, so befördert man das Entweichen der Gase aus der Form und dadurch die Entstehung dichtern Gusses, indem man statt der dünneren Stäbe dickere Blöcke giesst und mit Hilfe einer geeigneten Maschine diese in Stäbe zersägt.

Die Zaine gelangen nun zum Walzwerke, um gestreckt und dabei verdichtet zu werden. Da es hierbei auf genaueste Innehaltung der Querschnittsstärke des Arbeitsstücks ankommt, müssen alle Theile des Walzwerks in sorgfältigster Weise hergerichtet sein. Die allgemeine Einrichtung entspricht derjenigen eines Duowalzwerks mit entlasteter Oberwalze; die Walzen haben nur 150 bis 250 mm Durchmesser, 200 bis 400 mm Länge, sind glatt ohne Kaliber, aus Gussstahl gefertigt und geschmirgelt. Häufig verbindet man zwei Walzgerüste durch Kupplungen zu einer Walzstrecke mit Vor- und Fertigwalzen, um die letzteren, welche am genauesten gearbeitet sein müssen, möglichst zu schonen. Die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen ist ziemlich langsam, die Anzahl der Umdrehungen 20 bis 30 per Minute. Fast ausnahmslos werden die Metalle im kalten Zustande gewalzt; aber je stärker sie legirt sind, ein desto öfteres Ausglühen pflegt erforderlich zu sein. Man bedient sich zum Ausglühen eines Muffelofens.

Das Strecken im Walzwerke wird so lange fortgesetzt, bis ein aus dem gestreckten Zaine probeweise ausgestossenes Plättchen von bestimmtem Durchmesser das genaue Normalgewicht einer Münze gleicher

---

[1]) Stehende Form bedeutet: mit senkrechter Hauptachse, um dichtern Guss zu erzeugen. Vergleiche S. 106 und 156.

Grösse (und selbstverständlich gleichen Metalls) erlangt hat; alsdann beginnt die folgende Arbeit, das Ausschneiden oder „Ausstückeln“.

Man bedient sich dazu eines Durchstosses mit Stempel und Lochring (Seite 584); und zwar sind verschiedene der a. a. O. beschriebenen Constructionen für diesen Zweck üblich. Für die jetzt seltenere Handarbeit dient eine Schraube mit doppeltem Gewinde zur Bewegung des Stempels (Fig. 455 auf Seite 586); für Maschinenbetrieb der Hebel oder häufiger ein Excenter mit Schwungrad (Seite 590). Aus dem Zaine werden auf dieser Maschine kreisrunde Platten, deren Durchmesser der Grösse der Münzen entspricht, ausgestossen; die zurückbleibenden Schrote wandern zum Schmelzofen zurück. Bei dem Betriebe von Hand liefert ein Arbeiter stündlich 1000 bis 1500, bei dem Betriebe durch Elementarkraft 4000 bis 6000 ausgestückelte Platten.

Die in solcher Weise gefertigten Platten gelangen nun, da das Gewicht derselben trotz aller bei den vorausgehenden Arbeiten angewendeten Sorgfalt nicht immer hinlänglich genau mit dem Normalgewichte übereinstimmt, zur Berichtigung dieser Gewichtsdifferenzen in die Justirwerkstatt. Bei Goldmünzen und werthvolleren Silbermünzen geschieht das Justiren in folgender Weise. Der Arbeiter sitzt an einem Tische, vor sich eine Wage, deren eine Wagschale mit dem Normalgewichte belastet ist, und prüft nun durch Auflegen jeder Platte auf die andere Wagschale ihr Gewicht. Zu leichte Platten (deren Vorkommen man übrigens durch etwas reichliche Bemessung der Plattenstärke thunlichst zu vermeiden sucht) werden bei Seite gelegt, um wieder eingeschmolzen zu werden; zu schwere Platten werden durch Abnahme von Spänchen leichter gemacht. Diese Arbeit geschieht entweder von Hand mit Hilfe der Feile, wobei die Platte in einem Holzklotze (dem Justirklotze) aufruht; oder mit Hilfe einer kleinen Justirmaschine (von Hand oder durch eine Transmission bewegt), welche mit einem entsprechend breiten Messer einen Span von der ganzen Plattenoberfläche abnimmt. Selbstverständlich muss sowohl bei der Benutzung der Feile als der Justirmaschine die ganze obere Seite der Platte gleichmässig bearbeitet werden, damit nicht Vertiefungen auf derselben als Spuren der Bearbeitung entstehen.

Die justirten Platten werden abermals gewogen und, wenn nöthig, nochmals nachgearbeitet.

Durch Anwendung automatischer Wagen an Stelle der einfachen Handwagen hat man in vielen grösseren Münzwerkstätten die Arbeit des Justirens erheblich vereinfacht. Eine solche automatische Wage schiebt selbstthätig eine Münzplatte nach der andern auf die Wagschale und sondert sie in verschiedene Behälter, die zu leichten Platten kommen gemeinschaftlich in ein Behälter; die innerhalb der Toleranz zu leichten oder zu schweren (also keiner Justirung bedürfenden) in zwei Behälter; die zu schweren endlich werden nach der Grösse des Ueber-

gewichts wieder in verschiedene (gewöhnlich 3) Classen getheilt [1]). Diese letztere Sonderung ermöglicht es alsdann, durch eine einmalige entsprechende Einstellung des Messers der Justirmaschinen alle zu derselben Abtheilung gehörenden Platten von vornherein richtig zu justiren.

Für alle Kupfer-, Nickel- und kleineren Silbermünzen würde dagegen das Justiren in der geschilderten Weise viel zu zeitraubend sein und die Kosten des Verfahrens mit dem Werthe der Münzen nicht im Einklange stehen. Man wägt bei diesen geringwerthigeren Münzen eine grössere Anzahl und zwar so viele, als gesetzlich auf die Einheit des Landesgewichts (1 kg etc.) gehen sollen, gemeinschaftlich; ist das Gesammtgewicht zu leicht, so sondert man einige zu leichte Stücke aus und ersetzt sie durch solche, welche, im Einzelnen gewogen, zu schwer sind, bis das Gleichgewicht hergestellt ist; und benutzt umgekehrt die ausgesonderten wieder zur Gewichtsberichtigung eines andern zu schweren Satzes (Justiren al marko oder in der Mark). Auf diese Weise kommt das normalmässige Totalgewicht immerhin in den Verkehr und der Werth der Gewichtsdifferenz bei einem einzelnen Stücke ist zu unbedeutend, als dass dieselbe einer separaten Berichtigung bedürfte.

Aus den früher gegebenen Erörterungen über die Vorgänge beim Durchstossen einer Metallplatte (Seite 557) ergiebt sich, dass der Rand der ausgestossenen Münzplatten niemals eine glatte Fläche bildet, sondern mehr oder minder rauh und uneben ausfällt. Zur Vervollkommnung dieser cylindrischen Randfläche unterwirft man daher die justirten Platten einer Arbeit, welche R ä n d e l n genannt und auf der R ä n d e l m a s c h i n e ausgeführt wird. Letztere enthält als Werkzeug zwei gehärtete geradlinige oder kreisbogenförmige Stahlschienen (die Rändeleisen), welche in einer Horizontalebene parallel und in solchem (verstellbarem) Abstande von einander angebracht sind, als der Durchmesser der zu rändelnden Münze beträgt. Die eine Schiene liegt fest, die andere wird parallel derselben in solcher Weise und um eine solche Länge vorgeschoben, dass die zwischen beide geschobene Platte um eine halbe Umdrehung fortgerollt wird. Hierbei wird durch die polirten einander zugekehrten Flächen der Schienen der Rand geglättet und ein wenig nach beiden Seiten aufgeworfen (gestaucht).

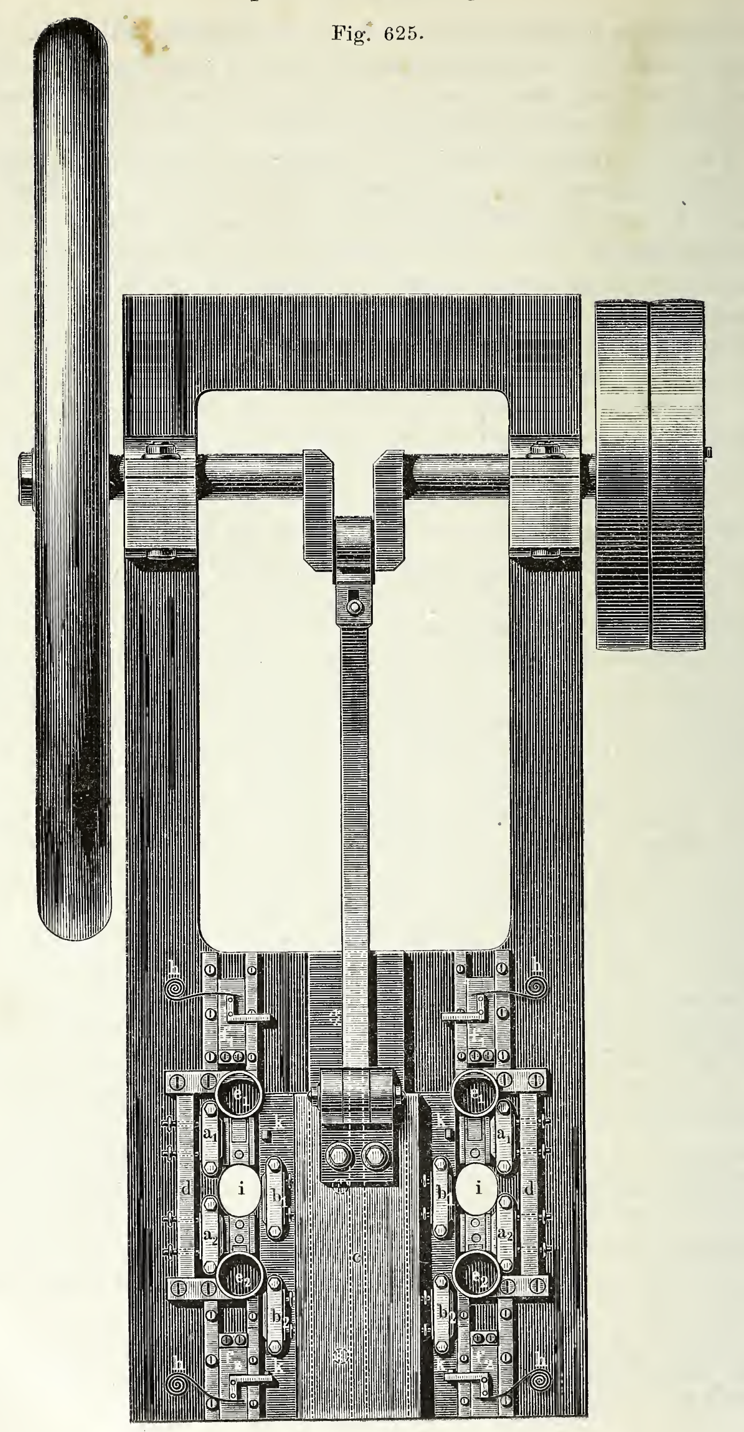
In den Einzelheiten der Construction, insbesondere auch in der Art und Weise der Bewegung zeigen die Rändelmaschinen mannigfache Abweichungen. Eine von der durch ihre Maschinen für Münzanfertigung berühmten Firma D. U h l h o r n zu Grevenbroich [2]) gebaute Rändelmaschine zeigt die Fig. 625 (a. f. S.) im Grundrisse, Fig. 626 (a. S. 865) im Querschnitte durch den Tisch (welcher auf einem eisernen oder hölzernen Gerüste befestigt wird) und zwei Paar Rändeleisen. In der Mitte

---

[1]) Eine eingehende Beschreibung einer solchen Wage nebst Abbildungen findet sich im Amtlichen Berichte der Wiener Weltausstellung, Bd. 2, S. 125.

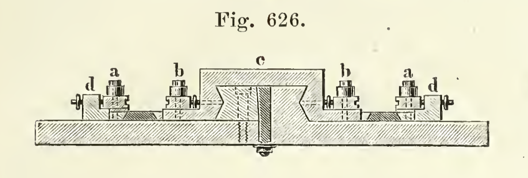
[2]) Seit 1. Januar 1878 eingegangen.

Fig. 625.



des Tischs gleitet an Prismenführungen der gusseiserne Schlitten $c$ hin und zurück und trägt an jeder Seite zwei Rändeleisen $b_1 b_1$ $b_2 b_2$, welche demnach dieselbe Bewegung als der Schlitten erhalten. Diesen gegenüber, von zwei auf dem Tische aufgeschraubten Leisten $dd$ gestützt, befinden sich die feststehenden Rändeleisen $a_1 a_1$ $a_2 a_2$. Wie aus der Abbildung hervorgeht, lässt sich der Abstand der beweglichen von den feststehenden Eisen durch je zwei kleine horizontale Stellschrauben hinter jeder Schiene gemäss dem Durchmesser der zu rändelnden Platten verändern, und nach erfolgter Einstellung wird dieselbe durch je zwei senkrechte Schrauben, welche durch längliche Querschlitze der Rändeleisen hindurchgehen, vollständig gesichert. Die Anordnung ist eine solche, dass die zwei Paar Rändeleisen $a_1 b_1$ beim Vorwärtsgange, die anderen zwei beim Rückwärtsgange des Schlittens zum Eingriffe kommen. Die zu rändelnden Platten werden den Rändeleisen selbstthätig zugeführt. Zu diesem Zwecke befindet sich vor jedem feststehenden Rändeleisen ein metallener Cylinder (Becher) $e_1 e_2$ auf dem Tische derartig aufgeschraubt, dass zwischen seinem untern Rande und der Tischplatte ein hinlänglicher Raum bleibt, eine, nicht aber zwei aufeinanderliegende Platten zugleich hindurchzulassen. Hinter den Cylindern befindet sich, in Führungen parallel der Achse der Maschine beweglich, je ein Schieber $f_1 f_1$ $f_2 f_2$, dessen dem Cylinder zugekehrter Rand kreisbogenförmig, entsprechend dem Cylindermantel, ausgeschnitten ist (bei den Cylindern $e_1 e_1$ ist dieser Rand bis innerhalb der Cylinderöffnung vorgeschoben und erkennbar). Auf jedem dieser Schieber ist ein Winkel aufgeschraubt, welcher gegen eine auf der Tischplatte befestigte Feder $hh$ stösst, während vier auf dem Schlitten $c$ befindliche Knaggen $kk$ bei dem Vorschube des letztern die Winkel ergreifen, dadurch die Schieber zurückführen und somit die Feder in Spannung versetzen. Die Cylinder $e_1 e_2$ werden mit übereinander geschichteten Münzplatten gefüllt. Wenn nun der Schieber durch den Knaggen $k$ zurückgeführt ist (vergleiche die Stellung der Schieber $f_2 f_2$), so wird die untere der in dem Cylinder befindlichen Münzplatten sofort bis auf die Tischplatte hinabrutschen. Nun beginnt der Rückgang der Maschine. Der Knaggen $k$ lässt den Schieber $f_2$ los, derselbe gleitet in Folge des von der angespannten Feder ausgeübten Drucks vorwärts und schiebt dabei die unterste der Münzplatten unter dem Rande des Cylinders hinweg soweit vor, dass das feststehende Rändeleisen den Umfang derselben tangirt. Inzwischen ist aber auch das zweite Rändeleisen ($b_2$) vorgerückt, erfasst den Rand der Platte an der gegenüberliegenden Stelle und rollt dieselbe auf diese Weise vorwärts, wobei in der oben geschilderten Weise die Ausbildung und eine schwache Stauchung des

Fig. 626.



Randes erfolgt. Bei Beendigung des Hubes fällt schliesslich die Münzplatte, welche nunmehr vollständig vor dem feststehenden Eisen vorbei gegangen ist, durch die Oeffnung *ii* der Tischplatte in einen unterhalb derselben bereit stehenden Behälter. Alsdann findet Umkehr des Hubes statt; gegen Beendigung desselben führt der Knaggen *k* den Schieber wieder zurück, eine neue Münzplatte fällt nach unten und wird dann in der geschilderten Weise abermals vorgeschoben. Es ist leicht ersichtlich, wie bei der abgebildeten Maschine die Rändeleisen $a_1 b_1$ und $a_2 b_2$ immer abwechselnd thätig sind, so dass bei jeder Umdrehung der Betriebswelle 4 Platten gerändelt werden; bei 40 Umdrehungen per Minute mithin die beträchtliche Zahl von 160 Platten per Minute oder 9600 per Stunde.

Die Platten werden nunmehr (bisweilen auch schon vor dem Rändeln) geglüht und gebeizt, um von anhängendem Schmutze und Oxyden befreit und vollständig blank zu werden.

Das Glühen geschieht in kupfernen oder eisernen Kasten, während die Platten mit Kohlenstaub bedeckt gehalten werden; das Beizen in einer hölzernen, etwas geneigten, um ihre Achse gedrehten Tonne mit verdünnter Schwefelsäure, wobei die Platten noch heiss in die Säure geworfen werden. Stark legirte Silbermünzen werden dabei in Folge der grösseren Löslichkeit des Kupfers in Schwefelsäure weissgesotten (Seite 760). Goldplatten, welche in Kohlenpulver geglüht waren, werden häufig nur durch Behandlung mit Seifenwasser gereinigt; sie zeigen dann eine röthliche Farbe, während die mit Säure gebeizten schön hochgelb aussehen.

Die gebeizten Platten werden wiederholt mit Wasser abgespült, dann auf ein ausgespanntes leinenes Tuch geschüttet und mit Bürsten trocken gerieben, wobei sie zugleich Glanz erhalten.

Durch das Glühen und Beizen entsteht ein Gewichtsverlust, welcher bei dem Justiren im Voraus berücksichtigt und deshalb durch Erfahrung festgestellt werden muss. Die Zusammensetzung der Legirung, die Art des Glühens und Beizens beeinflussen die Grösse dieses Gewichtsverlusts.

Auf das Beizen folgt endlich das Prägen.

Wenn die Münzen Randschrift oder Randverzierung erhalten sollen, so geht die Herstellung des Randgepräges dem Prägen der Flächen voraus. Man benutzt für die erstere Arbeit ein genau solches Rändelwerk, als oben beschrieben wurde, mit Rändeleisen, auf deren einander zugekehrten Flächen die herzustellende Schrift oder Verzierung in umgekehrter Anordnung (auf jedem Eisen für die eine Hälfte des Umfangs der Münzplatte) angebracht ist. Wenn man z. B. auf der einen Seite der oben abgebildeten Rändelmaschine zwei Paar glatte Rändeleisen, auf der andern zwei Paar mit Inschrift oder Verzierung versehene Rändeleisen einsetzt, so lässt sich dieselbe gleichzeitig zum ersten wie zum zweiten Rändeln benutzen.

Das Princip des Prägwerks wurde schon auf Seite 734 erläutert. Zwei einander zugekehrte Stempel aus gehärtetem Gussstahl, deren jeder

(Zu Seite 868.)

Münzen-Prägmaschine von L. Uhlhorn in Grevenbroich.

Fig. 627.

Fig. 631.

Fig. 632.

Fig. 629.

Fig. 630.

das auf einer Seite der Münze herzustellende Gepräge in umgekehrter Anordnung trägt, wirken gleichzeitig unter solchem Drucke gegen die beiden Flächen der Platte, dass durch die eintretende Verschiebung der Molecüle ein vollständig scharfer Abdruck der Stempeloberfläche erfolgt. Die Münze liegt hierbei horizontal auf dem feststehenden unteren Stempel und der obere wird in senkrechter Richtung gegen den letztern bewegt. Wenn nun hierbei die Münzplatte frei liegt, so dass durch den Druck der Stempel eine thatsächliche Querschnittsverdünnung eintreten kann, so vergrössert sich in Folge dessen der Durchmesser der Platte, der Rand derselben tritt über das Gepräge hinaus und büsst dadurch seine scharfkantig ausgebildete Form ein. Die Betrachtung von Münzen aus früheren Jahrhunderten zeigt ausnahmslos diesen Vorgang, und auch in dem letzten Jahrhunderte sind sehr viele Münzen in gleicher Weise geprägt. Man vermeidet diesen Uebelstand und erhält eine vollständig runde und schärfer ausgeprägte Münze, wenn man die Platte während des Prägens durch einen Stahlring einschliesst, dessen innerer Durchmesser genau gleich dem Durchmesser der Münze und des Prägstempels ist (Prägen im Ringe). Dadurch wird aber aus naheliegenden Gründen die Anwendung erhabener Randschrift etc. schwieriger, und man findet deshalb bei fast allen im Ringe geprägten Münzen dieselbe vertieft.

Da ein und dasselbe Paar Prägstempel nur zur Herstellung einer gewissen Anzahl Münzen (im günstigsten Falle bis zu 500 000 Stück, gewöhnlich aber beträchtlich weniger) benutzt werden kann, ehe es als unbrauchbar durch neue ersetzt werden muss, so trifft man Vorsorge, dass dieser Ersatz in möglichst einfacher Weise beschafft werden könne. Man stellt zunächst nach der gegebenen Zeichnung durch Graviren etc. einen Originalstempel aus vorzüglichem Gussstahl dar, welcher genau so geformt ist, wie der später zum Prägen der Münzen anzufertigende Stempel. Auf diese Herstellung, welche äusserst zeitraubend und kostspielig ist, wird die grösste Sorgfalt verwendet. Sind in einem Lande mehrere Münzwerkstätten vorhanden, so pflegt dieser Originalstempel in der Centralwerkstatt aufbewahrt zu werden; z. B. für die deutschen Reichsmünzen in Berlin. Dieser Stempel wird gehärtet, in ein kräftiges Prägwerk mit Schraubenspindel eingesetzt und nun wird mit Hilfe desselben ein zweiter Stempel (Matrize, Modellstempel), ebenfalls aus Gussstahl, geprägt, welcher natürlich das Bild des Originalstempels umgekehrt und demnach genau so enthält, als es später auf den Münzen erscheinen soll. Dieses Prägen muss mit grosser Umsicht ausgeführt werden und erfordert ziemlich lange Zeit. Damit nicht Risse entstehen, kann nur ein Stahl vorzüglichster Beschaffenheit verwendet werden und da bei der Härte desselben die Wirkung jedes einzelnen durch die Presse ausgeübten Stosses nur gering sein kann, so muss die Prägung durch zahlreiche, nach und nach ausgeführte Stösse bewirkt werden. Nach je sieben bis acht Stössen ist der Stahl hart und spröde geworden und muss geglüht werden. Endlich wird der fertig geprägte Stempel nochmals

geglüht, aussen gedreht, mit grosser Vorsicht gehärtet und gelb angelassen.

Dieser zweite Stempel dient nun dazu, in derselben Weise als soeben beschrieben wurde, die eigentlichen Prägstempel für die Münzwerkstätten darzustellen; und die Oberfläche dieser letzten Prägstempel stimmt dann wieder mit derjenigen des zuerst gefertigten Originalstempels überein. Ist ein Prägstempel abgenutzt, so wird mit Hilfe des zweiten Stempels ein neuer gefertigt, ohne dass der kostspielige Originalstempel in Anspruch genommen zu werden braucht.

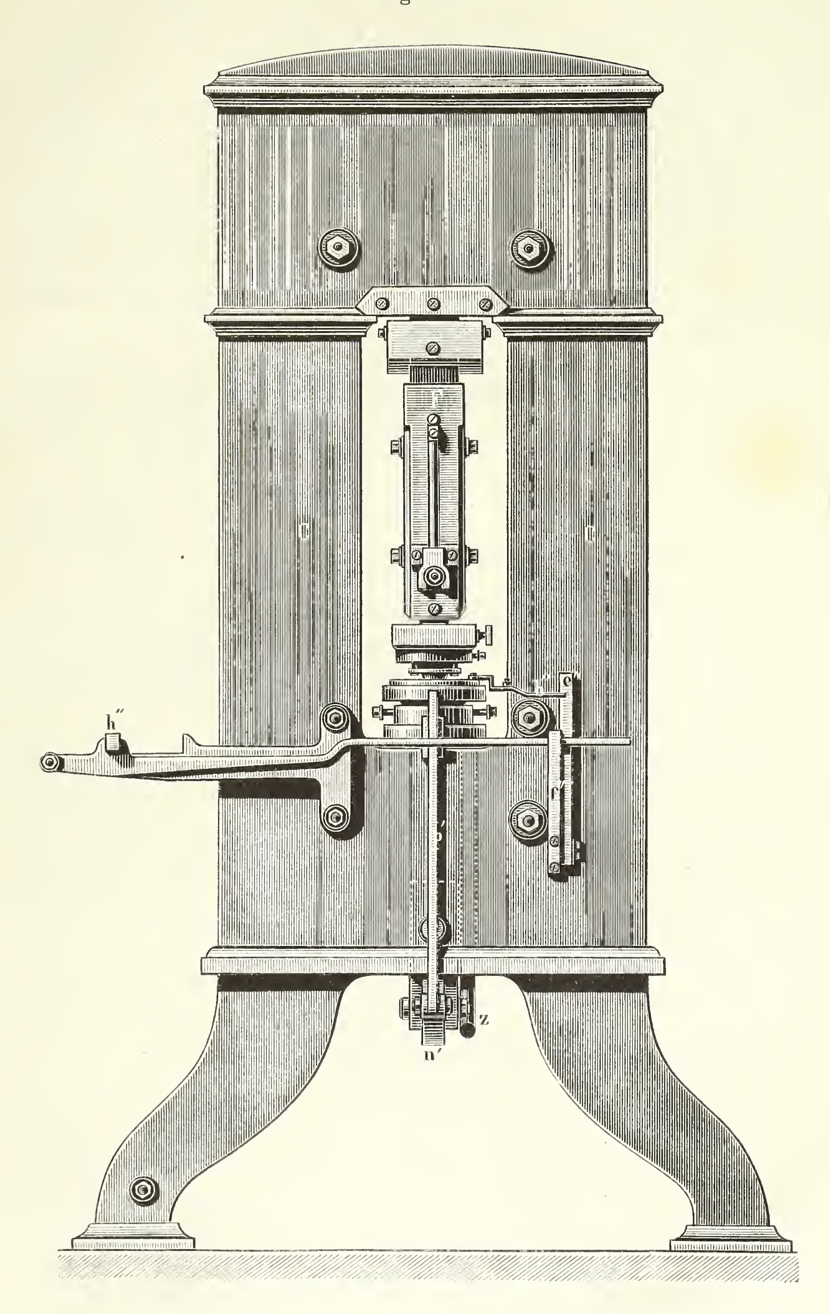
Während in alten Zeiten das Prägen der Münzen einfach durch Schlagen mit dem Hammer ansgeführt wurde, wendete man später vielfach, und in kleinen Werkstätten noch heute, die Schraubenpresse zur Ausübung des Drucks oder Stosses an, wobei die einzelnen Platten meistens durch die Hand untergelegt und nach dem Prägen entfernt wurden. Bei Prägmaschinen für grössere Werkstätten ist dagegen die Schraube meistens durch den Hebel ersetzt und es sind die Münzmaschinen zugleich mit Einrichtungen versehen worden, welche auf höchst sinnreiche Weise die menschliche Arbeit beim Prägen durch selbstthätige Zuführung und Entfernung der Platten auf ein geringstes Maass zurückführen. Um die Vervollkommnung dieser Prägmaschinen hat sich ebenfalls die schon genannte Firma D. Uhlhorn in Grevenbroich, welche seit dem Jahre 1817 für 27 verschiedene Länder 200 solcher Prägmaschinen lieferte, ausserordentliche Verdienste erworben; und eine etwas eingehendere Besprechung einer solchen Uhlhorn'schen Prägmaschine dürfte ebensowohl in Rücksicht auf die sinnreiche Construction derselben als auch auf die Wichtigkeit der mit Hilfe derselben dargestellten Fabrikate gerechtfertigt erscheinen.

Die Abbildungen der Figuren 627 bis 632 stellen eine solche Münzprägmaschine dar[1]). Das Gerüst derselben besteht aus den hinteren mit einander verbundenen Ständern $A$ und $B$ zum Tragen der Lager für den Antrieb, dem Prägrahmen $C$ an der Stirnseite und dem horizontalen Tische $D$, welcher die Ständer mit dem Prägrahmen verbindet. Die Krummzapfenwelle $E$ empfängt von einer Transmission aus durch die feste Riemenscheibe $e$ ihren Antrieb (in Ermangelung einer durch Elementarkraft getriebenen Transmissionswelle durch zwei auf die Enden von $E$ aufgesteckte Handkurbeln) und überträgt denselben durch die Schubstange $i$ auf den Kniehebel $k$ (in Fig. 630 in grösserm Maassstabe abgebildet), welcher in dem Zapfen $l$ aufgehängt ist und solcherweise in auf- und niedergehende Bewegung versetzt wird. Durch den Zapfen $m$ (Fig. 630) wird diese Bewegung auf das Pendel $F$ fortgepflanzt; zur Regulirung des Drucks dient der im untern Theile des Pendels zwischen

---

[1]) Nach den Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen Jahrgang 1847 sowie nach den vom Herrn Erfinder dem Verfasser gütigst gemachten Mittheilungen.

Fig. 628.



den beiden Seitenplatten $a_1\,a_1$ festgehaltene Stahlkeil $o$, welcher in der aus den Abbildungen (der Figuren 628 und 630) erkennbaren Weise angezogen werden kann und dadurch die Länge des Pendels vergrössert oder verkürzt. Am untern Ende ist das Pendel mit einem Kugelzapfen versehen, welcher auf dem Träger $G$ des Oberstempels in einem von dem Oelbehälter $c_1$ umschlossenen offenen Lager $t$ ruht. Innerhalb eines an der untern Seite des Arms $G$ befindlichen Ringes $d_1$ wird die Platte $p$ (Fig. 630) durch Stellschrauben festgehalten, und mit dieser ist der Oberstempel durch den Klemmring $q$ verbunden. Auf dieselbe Weise geschieht die Verbindung des Unterstempels mit dem Theile $r$, welches durch Stellschrauben in einem Ringe des Arms $J$ festgehalten wird und an der untern Seite halbkugelförmig gestaltet ist, um eine genaue Parallelstellung der Stempelflächen zu einander zu ermöglichen.

Um den Rückgang des Pendels mit dem Oberstempel zu bewirken, ist der Träger $G$ auf dem Tische in dem Lager $s$ drehbar befestigt (Fig. 627 und 631) und wird zwischen Drehungspunkt und Angriffspunkt des Pendels durch eine Stütze $f_1$ getragen; diese aber greift mit ihrem untern Ende auf den kürzern Arm des Doppelhebels $g_1$, welcher in dem Bügel $h_1$ seinen Drehungspunkt hat, während der längere Arm desselben, durch die Führungsstangen $i_1$ vor Seitenschwankungen gesichert, an seinem Ende durch die Gewichte $\alpha$ und $\beta$ beschwert ist, von denen $\alpha$ zur Herstellung des Gleichgewichts dient, $\beta$ dagegen als Gegengewicht mit dem Anfange des Rückwärtsganges des Kniehebels $k$ auf den Träger $G$ wirkt und den Oberstempel so lange zum Aufsteigen zwingt, bis der Druck des Kniehebels von Neuem beginnt.

Erfahrungsgemäss wird das Prägen erleichtert, wenn der Unterstempel in dem Augenblicke, wo der Druck des Oberstempels kräftiger wird, eine schwache Drehung um seine Achse ausführt. Zu diesem Ende ist an das untere Ende des Kniehebels eine zweite Zugstange $w$ angeschlossen (Fig. 627, 631), welche mit dem andern Ende hakenartig einen horizontalen Winkelhebel $v$ erfasst (Fig. 629), der wieder durch die Zugstange $u$ mit dem langen Hebel $J$ verbunden ist. Dieser dreht sich leicht in der Kugelpfanne $t_1$. Bei dem Rückgange der Stange $w$ stösst der an derselben angeschraubte Stift $\alpha_2$ gegen den auf $u$ befindlichen schrägen Winkel $\delta$, schiebt dadurch $u$ zur Seite und bewirkt somit auch die Rückdrehung des Arms $J$ mit dem Unterstempel.

Ober- und Unterstempel werden durch den Prägring $x$ ergänzt, welcher in dem Arme $H$ befestigt ist (Fig. 630). Letzterer ist wie der Arm $G$ in der Verticalebene drehbar und hat gemeinschaftlich mit diesem seinen Drehungspunkt in dem Lager $s$ auf dem Tische $D$ (Fig. 627). Damit die Münzplatte in den Ring zwischen den Stempel gelangen und nach beendigtem Prägen aus dieser Lage entfernt werden könne, muss jener Ring verschiedene Bewegungen ausführen. Auf der Betriebswelle $E$ befindet sich zu diesem Zwecke eine excentrische Scheibe

$g$ (Fig. 629 und 631), welche den durch Mutter und Gegenmutter genau zu stellenden Daumen $m_1$ und mit ihm die Gabel $y$ hebt. Letztere ist mit dem längern Ende des Doppelhebels $n_1$ verbunden, dessen Drehungspunkt in dem am Rahmen angeschraubten Bügel $o_1$ liegt (Fig. 627) und dessen kürzerer Arm die wechselnde Bewegung der Gabel in umgekehrter Weise auf die Druckstange $p_1$ (Fig. 627 und 628) und durch diese auf den Arm $H$ mit dem Prägringe überträgt. Während des grössern Theils einer Umdrehung der Betriebswelle verharrt der Prägring in der zum Prägen geeigneten Stellung; bei der in Fig. 631 gezeichneten Stellung des Excenters ist der Prägring nach vollendetem Prägen soeben etwas gesenkt worden, um das Aufgehen des Oberstempels zu erleichtern, erhebt sich dann mit der geprägten Münze, welche fest im Ringe eingeschlossen ist, in dem Augenblicke, wo der Daumen $m_1$ in die Vertiefung tritt, löst dadurch die Münze von dem Unterstempel und sinkt unmittelbar darauf so weit, dass die Münze, aus dem Ringe heraustretend, frei auf dem Unterstempel liegen bleibt, von wo sie sofort entfernt wird. Alsdann nimmt der Ring wieder seine frühere Stellung ein, die er während des Prägens der folgenden Münze behauptet.

Für die selbstthätige Zuführung der Münzplatten zwischen die Stempel befindet sich zunächst ein eben solcher zur Aufnahme der Platten dienender Cylinder (Becher) $q_1$ als bei der oben beschriebenen Rändelmaschine auf dem Arme $H$ vor dem Prägringe (Fig. 632, auch in Fig. 627 erkennbar), dem die Platten durch eine schräge Rinne ($z_1$ in Fig. 627) zugeführt werden; neben demselben der Schieber $t_1$ in der Führung $v_1$ gleitend und, mit demselben zangenartig verbunden der Hebel $s_1$. Beide erfassen die unterste der in dem Becher befindlichen Münzplatten bei der in Fig. 632 gezeichneten Stellung und werden alsdann sammt derselben mit Hilfe des an der Zugstange $w_1$ angeschlossenen Arms $x_1$ soweit vorgeschoben, dass die Platte genau centrisch auf dem Unterstempel zu liegen kommt. Die Bewegung der Stange $w_1$ erfolgt durch das auf der Betriebswelle $E$ befindliche Excenter $h$ und den Doppelhebel $a_2$ auf die in Fig. 631 erkennbare Art und Weise. Befindet sich eine fertig geprägte Münze auf dem Unterstempel, so wird dieselbe, wie leicht ersichtlich ist, bei dem Vorschube der Zange durch das vordere Ende des Theils $s_1$ gleichfalls vorwärts auf die schiefe Ebene $r_1$ geschoben, gleitet auf derselben hinab und fällt durch die Oeffnung $Z$ in ein bereitstehendes Gefäss. Wenn nun die Stange $w_1$ ihre Rückwärtsbewegung antritt, so gleitet der Arm $x_1$ zunächst leer an dem Schieber $t_1$ hin, bis er gegen den Winkel $y_1$ desselben anschlägt; inzwischen aber drückt der ebenfalls an der Stange $w_1$ angeschlossene Knaggen $\alpha_1$ den an dem Zangenhebel $s_1$ angeschraubten Arm rückwärts, öffnet dadurch die Zange und ermöglicht solcherweise den Rückgang derselben, ohne dass die auf dem Stempel liegende Münze wieder mitgenommen wird. Eine Feder hinter dem Arme der Zange schliesst dieselbe sofort wieder, wenn die entgegengesetzte Bewegung eintritt. Am Ende der Stange $w_1$

befindet sich ein Handgriff zu dem Zwecke, den richtigen Gang des Zubringers vor dem Beginne des Prägens versuchen zu können.

Endlich ist die Maschine mit Einrichtungen versehen, um eine selbstthätige Ausrückung zu bewirken und dadurch einer Beschädigung der Stempel vorzubeugen, falls entweder gar keine Platte oder zwei derselben zugleich auf den Unterstempel gelangt sein sollten.

An der Stange $c_2$ (Fig. 629, 631, 632), welche durch einen an der Betriebswelle befindlichen Daumen und die Vermittelung des Doppelhebels mit Feder $d_2$ bei jedem Umgange der Maschine eine einmalige hin- und zurückgehende Bewegung empfängt, ist der „Fühlhebel" $b_2$ (Fig. 632) angeschlossen, welcher den Zweck hat, zu untersuchen, ob der Zubringer eine Platte empfangen hat oder nicht, indem er sich gegen die Rückseite des Zangentheils $s_1$ legt, sobald dieses vorgeschoben ist. Befindet sich keine Platte innerhalb der Zange, so kann der Fühlhebel nunmehr das Theil $s_1$ soweit einwärts drücken, bis es gegen die mit vorgeschobene Schiene $u_1$ schlägt, was im andern Falle durch die Münzplatte verhindert wird; dabei schlägt der andere Arm des Fühlhebels so weit aus, dass er die Stützfeder $e_2$ zurückschiebt. Auf einem schmalen Vorsprunge derselben ruht aber zwischen der Gabelführung $f_2$ (vergleiche auch Fig. 628) der Arm $g_2$, welcher den Ausrückhebel $h_2$ (Fig. 627, 628, 631) in seiner Lage erhält. Letzterer hat durch seine Verbindung mit dem Gewichte $i_2$ das Bestreben, einwärts zu schlagen und giebt diesem Bestreben nach, sobald er durch das Senken des Arms $g_2$ aus seiner Lage befreit wird; es erfolgt dadurch Ausrückung, wie sich aus Fig. 629 ergiebt. Zu grösserer Sicherheit drückt noch ein mit dem Ausrückhebel verbundener Arm bei dieser Bewegung desselben den in Fig. 627 ersichtlichen, während des Ganges hochgehaltenen Sperrhaken $s_1$ nieder, so dass er, in die auf der Betriebswelle befindliche Sperrscheibe $z_2$ eingreifend, die Maschine sofort anhält und so ein blindes Aufeinanderstossen der Stempel verhütet.

Um in dem Falle, dass mehr als eine Platte zugleich zwischen die Stempel gelangen sollte, eine Beschädigung der letztern zu verhüten, ist das Schwungrad $f$ nur durch einen Frictionsring mit der Scheibe $r_2$ verbunden, welcher dasselbe gleiten lässt, sobald der Widerstand zu gross wird.

Eine solche Maschine liefert per Minute 60 bis 70 Münzen der kleinsten Sorte, 40 bis 45 der grössten Sorte und erfordert dazu einen Arbeitsaufwand im erstern Falle von $^1/_6$ Pferdekraft, im letztern von $^2/_3$ bis 1 Pferdekraft.

---

## Literatur über Münzenanfertigung.

Karmarsch-Hartig, Mechanische Technologie, 5. Auflage, Seite 547.
Karmarsch, Beitrag zur Technik des Münzwesens, Hannover 1856.

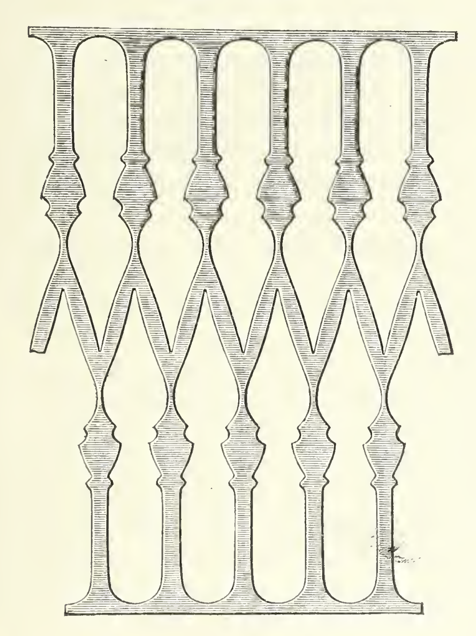
G. F. Ansell, The royal mint, its working, conduct and operations, fully and practically explained. London 1871.

---

## Anfertigung der Stahlschreibfedern.

Als Material für die Stahlschreibfedern dient Cementstahl, aus welchem im Walzwerke Blechstreifen von einer etwas geringern Breite als die doppelte Federlänge und von der Stärke, welche die Feder erhalten soll, hergestellt werden. Die Streifen werden geglüht und gelangen dann in den Schneidesaal. In demselben sind eine Reihe kleiner Durchstossmaschinen aufgestellt, gewöhnlich von Mädchen bedient, zu dem Zwecke, aus dem Bleche Plättchen auszustossen, welche zu den Federn verarbeitet werden sollen und deshalb in ihren Umrissen schon mit denen der fertigen Feder übereinstimmen. Jeder Stahlstreifen giebt zwei Reihen Plättchen; um möglichst wenig Abfälle zu bekommen, werden die Reihen in der Weise wie es Fig. 633 in natürlicher Grösse darstellt, angeordnet. Die Arbeiterin stösst erst eine Reihe aus, indem sie das Blech geradlinig und ruckweise unter dem Stempel hindurchführt, dreht dann den Streifen und stösst nun die andere Reihe aus. Eine geübte Arbeiterin kann auf diese Weise stündlich 4000 bis 4500 Plättchen ausstossen, weniger geübte dagegen liefern kaum 3000 Stück.

Fig. 633.

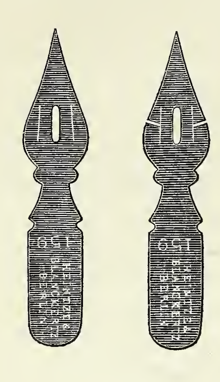


In einer folgenden Werkstatt erhalten die Platten die Inschrift (Firma etc.). Ein Stempel, an dem Bär eines einfachen Fallwerks mit Fussbetrieb befestigt, trägt die Inschrift verkehrt und erhaben und prägt dieselbe demnach vertieft den einzeln untergelegten Platten ein.

Nun folgt als drittes Stadium der Herstellung das Durchstossen des Schlitzes oder Lochs in der Mitte der Feder, jedoch ohne den Schreibspalt, welcher später hergestellt wird. Man gebraucht hierzu kleine

Durchstossmaschinen mit Handhebel. Häufig besitzen die Federn kleine von dem Mittelschlitze ausgehende Seitenspalten zur Erhöhung der Elasticität der Spitze; man stösst in diesem Falle zunächst den Mittelschlitz und auf einem andern Durchstosse die Seitenschlitze aus. Fig. 634 stellt die Platte nach dem ersten Durchstossen, Fig. 635 die Platte mit Seitenschlitzen dar.

Fig. 634. Fig. 635.



Inzwischen ist der Stahl durch die verschiedenen mechanischen Einwirkungen hart geworden und bedarf für die weitere Verarbeitung des Ausglühens, welches in eisernen Töpfen oder Kästen vorgenommen wird.

Die geglühten Platten werden nunmehr gebogen, wodurch sie die rinnenartige Gestalt der fertigen Feder erhalten. Man benutzt dazu eine Schraubenpresse mit convexem Stempel, welcher die Platte in eine concave Matrize eindrückt.

Die gebogenen Federn müssen, da sie in dem weichen Zustande, welcher für das Biegen erforderlich war, unbenutzbar sein würden, wieder gehärtet werden. Man erhitzt sie zu diesem Zwecke aufs Neue in Töpfen und schüttet sie dann in mit Thran gefüllte Tonnen. Sie werden hierdurch glashart und spröde. Um sie von anhaftendem Thrane zu reinigen, lässt man sie in einer rotirenden Trommel mit Sägespänen umlaufen; dann werden sie getempert, indem man sie in einer eisernen Trommel unter stetem Drehen über einem Kohlenfeuer bis zur gelben oder blauen Anlauffarbe — je nachdem sie härter oder weniger hart bleiben sollen — erhitzt.

Auf das Anlassen folgt das Scheuern. Man bringt sie wiederum in eine Trommel und lässt sie mit zerstossenen Schmelztiegelscherben so lange umlaufen, bis ihre Oberfläche blank geworden und die Anlauffarbe verschwunden ist.

Von hier gelangen die Plättchen in den Schleifsaal, um zweimal geschliffen zu werden. Man gebraucht dazu kreisförmige, von Maschinenkraft bewegte Schleifscheiben (Schmirgelscheiben) mit grosser Umfangsgeschwindigkeit. Zunächst werden sie in der Längenrichtung von der Spitze bis zu dem Loche in der Mitte auf einer Scheibe mit etwas concavem Rande, dann querüber etwas oberhalb der Spitze auf einer flachrandigen Scheibe geschliffen. Ein augenblickliches Anhalten an den Stein genügt, den Schliff hervorzubringen, welcher hauptsächlich den Zweck hat, durch eine geringe Querschnittsverdünnung die Feder elastischer zu machen.

Sollen die Federn mit gelber oder blauer Anlauffarbe in den Handel kommen, so wird das Anlassen derselben nicht vor dem Scheuern und Schleifen, sondern nachher vorgenommen, so dass sie ihre Anlauffarbe behalten.

Schliesslich, im Spaltsaale, erhält die Feder mit Hilfe einer kleinen von Hand bewegten Parallelscheere den Hauptspalt in der Länge des Schnabels, durch welchen sie erst zur Benutzung geeignet wird.

Die in ihrer Form fertigen Federn werden nun im Sortirsaale geprüft, indem man jede einzelne mit der Spitze auf ein Stück Elfenbein drückt und so ihre Güte ermittelt. Die fehlerhaften werden ausgemerzt, die guten in Kästen verpackt.

Sollen die Federn unter dem Namen Goldfedern, Compositionsfedern und dergleichen verkauft werden, so giebt man ihnen auf galvanischem Wege oder durch einfaches Bestreichen mit einer geeigneten Lösung einen schwachen Ueberzug des betreffenden Metalls und überzieht sie mit einer schwachen Schellacklösung in Weingeist, um sie vor dem Rosten zu bewahren.

## Anfertigung der Stecknadeln.

Man gebraucht für dieselben zwei Sorten Messingdraht; einen etwas stärkern zum Schafte, einen etwas dünnern zum Kopfe der Nadel. Eisendraht wird nur für diejenigen Nadeln angewendet, welche einen schwarzen Ueberzug erhalten (Trauernadeln).

Der Messingdraht zu den Schaften muss hart und steif sein, daher mehrmals ohne Ausglühen gezogen werden.

Um diesen in Ringform angelieferten Draht zu richten, zieht man ihn zwischen fünf bis sieben eisernen auf einem Brette (dem „Richtholze“) in zwei Reihen eingeschlagenen Stiften hindurch, welche ebenso angeordnet sind als die Rollen zum Richten des Eisendrahts bei der auf Seite 849 abgebildeten Drahtstiftmaschine. Ein Richtholz pflegt mehrere solcher Stiftreihen in verschiedenen Abständen zu enthalten, wie es der verschiedenen Drahtstärke entspricht.

Während der Draht aus dem Richtholze hervorkommt, theilt man ihn durch Abkneifen mit der Zange in Enden von 5 bis 7 m Länge. Aus diesen schneidet man nun „Schafte“ (auch „Schachte“ genannt) von der doppelten Nadellänge. Man gebraucht dazu eine Stockscheere (Fig. 444 oder 445 auf Seite 571 und 572) und ein „Schaftmodell“, d. h. eine halbcylindrische Rinne aus Holz oder Eisenblech mit einem (gewöhnlich verstellbaren) Querstücke in solchem Abstande vom Rande als die Schaftlänge werden soll. Man legt eine grössere Anzahl Drahtstücke hinein, so dass ihre Enden gegen die Querleiste stossen und schneidet sie vorn am Rande ab. Ein Arbeiter kann auf diese Weise stündlich 30 000 bis 50 000 Schafte liefern.

Die beiden Enden der geschnittenen Schafte werden nun durch Anschleifen zugespitzt. Das schleifende Werkzeug, „Spitzring“ genannt, besteht aus einem Stahlringe von 80 bis 100 mm Durchmesser, 50 bis 60 mm Breite, dessen Aussenfläche feilenartig aufgehauen ist, auf einer

Holzscheibe mit horizontaler Achse befestigt und mit derselben nach Art eines Schleifsteins mit grosser Geschwindigkeit gedreht. Wirkliche Schleifsteine sind für Messingnadeln nicht zu gebrauchen. Die Bewegung des Spitzrings kann durch den Schleifer selbst in bekannter Weise durch Schnurrolle mit Schnurscheibe, Kurbel und Trittbrett bewirkt werden. Der vor dem Spitzringe sitzende Arbeiter fasst gleichzeitig 20 bis 40 Schafte zwischen die Finger der linken Hand, so dass sie in einer Ebene ausgebreitet liegen und rollt sie, während er die Spitzen anschleift, mit Hilfe des rechten Daumens um ihre Achse. Stündlich können circa 3500 Schafte an beiden Enden zugespitzt werden. In Fabriken, wo eine grosse Menge Nadeln angespitzt werden, wirkt der umherfliegende Messingstaub nachtheilig auf die Gesundheit der in dem Schleiflocale sich aufhaltenden Arbeiter, wenn man nicht für kräftige Ventitation rings um den Schleifapparat her sorgt.

Die zugespitzten Schafte werden nunmehr in der Mitte durchgetheilt (wozu wiederum die Scheere und das Schaftmodell benutzt wird) und sind alsdann zum Aufbringen der Köpfe fertig.

Diese werden aus dem schwächern Messingdrahte in folgender Weise gefertigt.

An das hakenförmig gebogene Ende einer horizontalen eisernen, in zwei Lagern ruhenden und durch Schnurrolle mit Schnurscheibe in rasche Umdrehung versetzten Spindel (des „Knopfrads“) wird das zu einer Schlinge umgebogene Ende eines Messingdrahts („Knopfspindel“ genannt) von der Stärke, welche die Schafte der herzustellenden Nadeln besitzen, angehängt und empfängt somit die gleiche Umdrehung als die Spindel des Knopfrads. Damit sie hierbei horizontal liege, ruht sie zwischen zwei eisernen Stiftchen auf der Stirnseite eines etwa 25 mm starken Stäbchens aus hartem Holze (des „Knopfholzes“), welches von Hand geführt wird; oder wird einfacher zwischen einem zusammengelegten Stücke Leder durch die Hand des Arbeiters gestützt. An dieser Knopfspindel wird nun das Ende des zu den Nadelköpfen bestimmten Drahts befestigt, so dass sich derselbe bei der Drehung der Spindel schraubenförmig auf jener aufwickeln muss. Damit hierbei die Windungen dicht an einander liegen, führt man entweder den Knopfdraht durch zwei, ebenfalls auf dem Knopfholze seitlich von den erwähnten Stiftchen angebrachten Oehrchen und bewegt nun das Knopfholz langsam der Spindel entlang, oder, wenn ein Knopfholz nicht angewendet wird, führt man ihn allein durch die Hand, welche, durch das erwähnte Lederstück geschützt, die Knopfspindel hält. Der Knopfdraht befindet sich hierbei auf einem Haspel und wickelt sich langsam von demselben ab. Diese Arbeit heisst das „Spinnen“.

Der gesponnene Draht wird von der Spindel abgezogen und nunmehr mit einer Blockscheere in einzelne Stückchen zerschnitten, deren jedes genau zwei Windungen des Drahts enthält; man zerschneidet durch einen einzigen Schnitt mehrere (4 bis 6) der Drahtspiralen zugleich und

kann per Stunde circa 30 000 Stückchen herstellen. Diese Stückchen dienen zur Bildung der Stecknadelköpfe. Zuvor aber werden sie in einem eisernen Löffel geglüht, um recht weich zu werden und mit verdünnter Säure wieder blank gebeizt. Zur Befestigung derselben auf dem Ende des Schafts dient ein Fallwerk (Wippe) mit Fussbetrieb. Eine eiserne mit einer Kugel beschwerte, im Ganzen etwa 5 bis 7 kg schwere Eisenstange, durch einen Hebel gehoben, bildet den Bär und trägt am unteren Ende den kleinen Stahlstempel mit der etwa 10 mm im Quadrate grossen Bahn, auf welcher ein halbkugelförmiges Grübchen in der Grösse eines halben Nadelknopfs eingearbeitet ist. Der dazu gehörige Unterstempel enthält ein eben solches Grübchen und eine schmale, nach aussen mündende Rinne, in welcher der Schaft der Nadel zu liegen kommt, während die Spitze desselben aussen mit den Fingern festgehalten wird.

Der vor der Wippe sitzende Arbeiter hat die Köpfe in einem Kästchen zur Rechten stehen, daneben die Schafte. Mit der einen Hand spiesst er einen Kopf auf einen der Schafte, schiebt ihn bis ans Ende desselben und bringt ihn mit der andern Hand unter die Wippe. Durch vier bis sieben rasche Schläge derselben, zwischen denen die Nadel stets gedreht wird, ist der Kopf fertig ausgebildet und auf dem Schafte vollständig fest. Während des Anköpfens wird mit der andern Hand schon wieder ein neuer Kopf aufgespiesst, so dass die Arbeit ununterbrochen fortgeht und ein Arbeiter stündlich 1000 bis 1200 Nadeln anzuköpfen im Stande ist. Der Grat, welcher beim Schneiden der Schafte am Ende derselben sich bildet, sowie eine schwache Stauchung des Metalls nach dem Kopfe zu, welche beim Prägen entsteht, erleichtern erheblich das Festsitzen des Kopfs.

In englischen Stecknadelfabriken bildet man den Kopf nicht aus einem besondern Ringe, wie soeben beschrieben wurde, sondern durch Stauchung des Schaftendes auf einer Maschine, also in ganz ähnlicher Weise als bei dem oben beschriebenen Anköpfen der Drahtstifte. Alle vorausgehenden Arbeiten — das Richten, Zuspitzen und Schneiden — werden übrigens ganz ebenso, als soeben erläutert wurde, ausgeführt. Statt des kugelförmigen Kopfs unserer Nadeln, welcher die Windung des Drahts, aus welchem er gefertigt wurde, noch erkennen lässt, besitzen jene einen flachen, linsenförmigen Kopf als deutliches Kennzeichen ihrer Abstammung.

Die in der Form fertigen Stecknadeln werden nunmehr in Weinsteinlösung gebeizt und, wenn sie weiss werden sollen, durch Kochen in Weinsteinlösung mit gekörntem Zinn weissgesotten. Nach dem Beizen oder Weisssieden werden sie mit Wasser abgespült, in Sägespänen getrocknet und in einer umlaufenden Trommel mit Kleie polirt. Die Kleie wird schliesslich durch Absieben entfernt.

## Anfertigung der Nähnadeln.

Man benutzt Stahldraht, welcher von den Drahtziehereien in Form von Ringen angeliefert wird. In der Nähnadelfabrik wird ein solcher Ring zunächst auf eine grosse Trommel (circa 1,5 m Durchmesser) aufgewickelt, so dass in solcher Weise ein grösserer Ring von ungefähr 100 Windungen entsteht, welchen man an zwei gegenüberliegenden Stellen mit der Scheere durchschneidet, ihn solcherweise in zwei Drahtbündel, jedes ungefähr 2,5 m lang, zertheilend.

Diese Drähte zerschneidet man in „Schafte“ oder „Schachte“ von der doppelten Nadellänge. Man benutzt zum Zerschneiden dieselbe Scheere, welche zum Zertheilen des Rings gedient hatte (Blockscheere, bisweilen Maschinenscheere), und ein Schaftmodell von derselben Einrichtung als für Anfertigung von Stecknadeln: eine halbcylindrische Rinne oder Büchse, deren Boden in solchem Abstande vom Rande sich befindet als die Nadeln lang werden sollen. Das ganze Drahtbüschel wird mit einem einzigen Schnitte getheilt, so dass ein Arbeiter pro Minute 600 bis 700 Schafte zu liefern im Stande ist.

Die geschnittenen Schafte werden nunmehr gerichtet. Man steckt zu diesem Ende circa 10 000 Stück gemeinschaftlich und dicht zusammen in zwei eiserne Ringe, glüht das so gebildete Bündel im Holzkohlenfeuer, um es recht weich zu machen, legt es auf eine gusseiserne gehobelte flache Platte mit zwei parallel laufenden Einschnitten für die Ringe, legt eine zweite, gleichfalls mit Einschnitten für die Ringe versehene und gehobelte, aber schmalere Platte darauf, welche an zwei Seiten Handhaben trägt, und schiebt nun die letztere mehrere Male hin und her, dadurch das Drahtbündel in rollende Bewegung versetzend. Die Drähte nehmen hierbei nicht allein geradlinige Form an, sondern verlieren auch den grössten Theil ihres Glühspans.

Es folgt nun das „Zuspitzen“ oder Schleifen der beiden Enden der Schafte auf Schleifsteinen. Die Manipulation hierbei ist derjenigen beim Zuspitzen der Stecknadelschafte sehr ähnlich; statt des stählernen Spitzrings für die Messingdrähte dienen hier aus hartem Sandsteine gefertigte circa 125 mm breite Schleifsteine verschiedener Durchmesser, von einer durch Elementarkraft getriebenen Transmissionswelle aus mit oft ungeheurer Umfangsgeschwindigkeit (bis zu 45 m per Secunde) bewegt. (Demnach machen Steine von 750 mm Durchmesser 1000 bis 1200, von 150 mm Durchmesser bis 4000 Umdrehungen per Minute.) Das Schleifen geschieht trocken, um die Nadeln vor Rost zu schützen, und die Luft des Arbeitslocals ist daher mit schädlich für die Lungen der Arbeiter wirkendem Schleifstaube erfüllt, wenn nicht für genügende Ventilation gesorgt ist. Zugleich müssen aber Vorkehrungen getroffen werden, um beim Zerspringen eines Steins in Folge der Centrifugalkraft die Arbeiter

und das Local vor Beschädigung zu schützen. Zur Erreichung beider Zwecke zugleich umschliesst man den Stein mit einem Kasten aus dickem Eisenblech, welcher nur eine kleine Oeffnung für das Aufhalten der Schafte frei lässt, an der Rückseite des Steins aber durch einen Canal mit einem für mehrere Schleifsteine gemeinschaftlichen Schornsteine in Verbindung steht. Der Luftzug, welchen die rasche Bewegung des Steins hervorruft, treibt den Schleifstaub durch den Kasten in den Schornstein und erhält dadurch die Luft in dem Arbeitslocale rein. Ein Arbeiter kann täglich bis zu 100 000 Nadeln anspitzen (von gröberen Sorten weniger), indem er wie bei dem Schleifen der Stecknadeln eine grössere Zahl davon gleichzeitig erfasst und unter stetem Drehen in unglaublich kurzer Zeit schleift. Trotz dieser grossen Leistung hat man in mehreren Fabriken das Zuspitzen von Hand durch Anwendung einer Schleifmaschine (Spitzmaschine) entbehrlich gemacht, bei welcher die Nadeln zwischen einer in langsamer Umdrehung befindlichen, mit Kautschuk bekleideten Scheibe und einer ebenfalls mit Kautschuk bekleideten Fläche (Bahn) langsam eine hinter der andern fortgerollt werden, während ihre vorstehenden Spitzen auf dem davor befindlichen Schleifsteine schleifen. Abbildungen einer solchen Maschine, welche pro Stunde 30 000 Nadeln zuspitzt, finden sich im polytechnischen Centralblatte Jahrgang 1863, Seite 839.

Die zugespitzten Schafte werden nun zunächst in der Mitte ihrer Länge, da wo die Oehre (Augen) der beiden aus jedem Schafte entstehenden Nadeln zu sitzen kommen, etwas blank geschliffen [1]) und kommen dann zu einem kleinen Fallwerke, wo mit Hilfe geeignet geformter Stempel der mittlere geschliffene Theil etwas breit geschlagen wird und die Schafte zugleich die Umrisse der beiden Nadelöhre sowie der von diesen ausgehenden Furchen oder „Fuhren“ (welche den Zweck haben, das Einfädeln und Durchstecken der eingefädelten Nadel durch den Stoff zu erleichtern) erhalten (Prägen oder Stanzen der Schafte). Selbstverständlich entsteht hierbei ein Grat oder „Bart“ seitlich von den beiden Oehren, so dass der Schaft in der Form, wie er in Fig. 636 abgebildet

Fig. 636.

ist, aus dem Prägwerke hervorgeht [2]). Ein Arbeiter prägt täglich circa 12 000 Schafte.

---

[1]) Das Schleifen geschieht von Hand oder auf der sogenannten Mittenschleifmaschine. Näheres über Einrichtung derselben in Dingler's polyt. Journal, Bd. 217, S. 280.

[2]) Ueber Anwendung und Construction sogenannter Stampfmaschinen statt der Fallwerke, ähnlich den Drahtstiftmaschinen construirt: Dingler's Journal, Bd. 217, S. 280.

An das Prägen reiht sich das Durchstossen der Oehre. Beide Oehre werden gleichzeitig auf einer kleinen Durchstossmaschine mit Schraube oder Hebel, von Hand oder durch Elementarkraft bewegt, vermittelst zweier paralleler Stiftchen an dem Stempel und zweier Löcher in der Matrize durchgestossen, wobei täglich durch eine Person 15 000 Schafte gelocht werden können.

Von den geöhrten Schaften werden jetzt circa 100 Stück auf zwei durch die Oehre hindurchgesteckte Stahldrähte gezogen, auf ein festgestopftes Kissen oder ein Brett gelegt und durch zwei darüber gespannte Eisenschienen, welche den mittleren Theil mit den Oehren frei lassen, festgeklemmt. Die Stelle, wo der Bart sich gebildet hatte, wird dadurch ein wenig nach oben gebogen, und es ist nun leicht, mit Hilfe einer flachen Feile oder durch Schleifen auf einem rotirenden Schleifsteine sämmtliche Bärte der eingespannten Schafte mit einem Male abzunehmen und zugleich einen kleinen Einschnitt in der Mitte zwischen beiden Oehren des Schafts hervorzubringen. Dann wird das Bündel gewendet und dieselbe Arbeit auf der andern Seite wiederholt. Ist dieselbe vollendet, so erfasst der Arbeiter die Schäfte, während sie noch auf den Drähten stecken, mit zwei breiten Feilkloben oder auch nur mit den Händen, biegt sie einige Male hin und her und bricht sie dadurch in der Mitte von einander. Die hierdurch entstandenen Nadeln werden alsdann in der ganzen auf dem Drahte befindlichen Reihe in einen Schraubstock oder Feilkloben gespannt und an den Köpfen rund gefeilt oder geschliffen, um die Bruchstelle zu glätten.

Während dieser Arbeiten haben sich die Nadeln bisweilen krumm gezogen; man prüft sie durch Hin- und Herrollen zwischen Daumen und Zeigefinger und richtet die krumm gewordenen durch Schläge mit einem kleinen Hammer.

Nun folgt das Härten der noch weichen Nadeln. Man erhitzt in einer eisernen Mulde eine grössere Anzahl gemeinschaftlich bis zum Rothglühen und schüttet sie in ein Gefäss mit Rüböl. Sie werden dann gesammelt, durch Erhitzen bis zur gelben oder violetten Farbe angelassen, in Wasser abgekühlt und in Sägespänen oder Kleie getrocknet.

Um die Erkennung der Anlauffarben zu erleichtern, befreit man in einigen Fabriken die glasharten Nadeln vor dem Anlassen von Zunder, indem man sie zu einem wurstähnlichen Ballen in Leinwand zusammenpackt, in Wasser taucht und unter einem Brette hin- und herrollt.

Die folgende Arbeit heisst das „Schauern“ oder „Scheuern“. Man packt wieder eine grosse Anzahl Nadeln mit scharfem Sande oder auch Schmirgel und Oel zu einem länglichen Ballen von circa 100 mm Durchmesser zusammen und lässt mehrere solcher Ballen gleichzeitig 12 bis 18 Stunden lang zwischen zwei Tafeln (wie bei einer Wäschmangel) hin- und herrollen. Die Bewegung dieser sogenannten Scheuermühle wird durch Handarbeit oder auch durch Maschinenkraft bewirkt. Nach Verlauf der genannten Zeit werden die Bündel aus einander gepackt, aber-

mals mit Oel und Sand (Schmirgel, Kolkothar, Zinnasche) geschichtet und dasselbe Verfahren wiederholt; bisweilen acht bis zehn Male, mit immer feinerm Schleifmateriale, bis sie glänzend polirt erscheinen. Schliesslich behandelt man die Nadeln zu ihrer Reinigung mit Seifenwasser und trocknet sie mit Sägespänen.

Bei dem Schauern und Poliren befinden sich Nadeln verschiedener Grösse in einem gemeinschaftlichen Ballen. Um dieselben nach dem Trocknen zu sortiren, zugleich auch, um diejenigen Nadeln auszumerzen, deren Spitzen etwa beim Schauern abgebrochen waren, schüttelt man sie zunächst in einer hölzernen Mulde, um sie parallel zu legen. Alsdann müssen alle Spitzen nach einer und derselben Richtung gekehrt werden. Ein Mädchen oder Kind breitet die Nadeln auf dem Tische vor sich aus und fährt mit den Zeigefingern darüber hin, wobei die dickeren Köpfe nach aussen gedrückt werden, so dass sämmtliche Nadeln sich in zwei Abtheilungen sondern; oder man hält eine Anzahl Nadeln in der linken Hand fest und drückt den mit einer dicken Tuchkappe bekleideten Zeigefinger gegen die Nadelenden, wobei die Spitzen in die Kappe eindringen und hängen bleiben, so dass diese Nadeln nunmehr leicht von den umgekehrt liegenden entfernt werden können. Das Sortiren in einzelne Längen bietet nun weiter keine Schwierigkeit.

Die Köpfe der Nadeln, welche bei zu grosser Sprödigkeit wegen des geschwächten Querschnitts an dem Oehre am leichtesten dem Abbrechen ausgesetzt sind, werden nunmehr, um sie noch geschmeidiger zu machen, einem fernern Anlassen bis zur blauen Farbe („Blaumachen“) unterworfen. Diese Arbeit lässt sich in verschiedener Weise ausführen. Eine breite Zange dient dazu, eine grössere Anzahl Nadeln mit einem Male zu erfassen, und mit Hilfe eines glühenden Eisens werden die Köpfe bis zur blauen Farbe erhitzt; oder man benutzt eine entsprechend regulirte Gasflamme, welche die von einer rotirenden Scheibe aufgenommenen Nadeln einzeln erhitzt (Blaumachmaschine).

In Folge der bekannten Vorgänge in dem Materialquerschnitte beim Durchstossen mit dem Lochstempel ist das Oehr der Nadel im Innern etwas rauh, scharfkantig und macht eine Nacharbeit erforderlich, um die Gefahr einer Beschädigung des Fadens zu vermeiden. Diese an das Blaumachen sich anreihende Arbeit, welche man das „Versenken“ nennt, wird mit einer kleinen spitzigen Reibahle ausgeführt, welche an der Spindel einer kleinen rasch umlaufenden Drehbank befestigt ist. Zur Beschleunigung der Arbeit wird eine Anzahl von 100 bis 200 Nadeln gleichzeitig mit einem breiten Feilkloben erfasst, nachdem ihre Oehre alle nach derselben Richtung gekehrt sind; dann wird eine Nadel nach der andern von beiden Seiten her nachgebohrt. Manche Fabriken lassen auf dieses Ausbohren noch ein Poliren des Oehrs mit einem Schmirgelstäbchen folgen.

Nun gelangen die Nadeln zu einem walzenförmigen Schleifsteine aus feinem Schmirgel von etwa 50 mm Durchmesser, 200 mm Breite und

werden hier an den Köpfen nachgeschliffen, um die blaue Farbe zu entfernen („Abbläuen"), so dass dieselbe an den fertigen Nadeln nur noch in der Tiefe der Furche sichtbar bleibt; zugleich werden hier die Spitzen nachgeschliffen, falls dieselben bei den vorausgegangenen Arbeiten stumpf geworden sein sollten.

Als letzte Arbeit folgt endlich ein abermaliges Poliren der Nadeln, und zwar bedient man sich hierbei einer Lederscheibe mit feinstem Schmirgel. Sowohl beim Abbläuen als beim Poliren erfasst man in derselben Weise als beim Anspitzen eine grosse Zahl Nadeln mit der Hand und bearbeitet sie gemeinschaftlich; da das Poliren aber in der ganzen Länge der Nadeln zu geschehen hat, so müssen sie, wenn die Spitzen polirt sind, gewendet werden, um die Arbeit auch an der Kopfseite zu erleiden.

Die Nadeln werden dann abgezählt und verpackt. Zum Abzählen dient ein eisernes Lineal mit 25 oder 100 Querfurchen auf einer Seite, in deren jeder eine einzige Nadel Platz findet. Indem man mit einer Anzahl zwischen Daumen und Zeigefinger erfasster Nadeln über das Lineal hinwegstreicht, bleibt in jeder Furche eine liegen, so dass rasch genau so viele beisammen sind, als das Lineal Furchen zählt [1].

Wie man sieht, ist die Anzahl der Arbeiten, aus deren Aufeinanderfolge die fertige Nähnadel hervorgeht, eine so grosse, wie bei wenigen anderen aus Metallen gefertigten Gebrauchsgegenständen. Karmarsch berechnet, dass die Nähnadel zu ihrer gänzlichen Vollendung circa hundert Male durch die Hand gehen muss. Vergleicht man damit den billigen Preis, um welchen eine Nähnadel im Handel zu haben ist, so erhält man ein lehrreiches Beispiel, wie durch eine im grossen Maassstabe durchgeführte Theilung der Arbeit, welche freilich in solcher Weise nur bei einem so massenhaften Verbrauche als demjenigen der Nähnadeln möglich ist, die Erzeugungskosten eines Gegenstandes sich verringern; denn indem derselbe Arbeiter ununterbrochen wiederkehrend eine und dieselbe Verrichtung ausführt, spart er nicht allein diejenige Zeit, welche bei weniger streng durchgeführter Arbeitstheilung auf das Ergreifen, Weglegen etc. der Geräthe und Arbeitsstücke verwendet wird, sondern er erlangt auch durch die stete Wiederholung derselben Manipulation eine Fertigkeit in derselben, welche seine Leistungen in überraschender Weise steigert. Fast alle bei der Nähnadelfabrikation vorkommenden Arbeiten, das Schneiden, Schleifen, Stanzen u. s. w., deren — dem Laien fast unglaublich rasche — Durchführung oben theilweise durch Angabe der pro Zeiteinheit gelieferten Stückzahl illustrirt wurde, geben hierfür ein anschauliches Bild.

---

[1] Ueber ein Zähllineal mit selbstthätiger Entleerung vergleiche Dingler's polyt. Journal, Bd. 217, S. 284.

## Die Schlösser und die Schlüssel.

Bei den Schlössern sind weniger die Eigenthümlichkeiten der — im Allgemeinen einfachen — Anfertigung, als vielmehr ihre Wichtigkeit, ihre alltägliche Benutzung und ihre sinnreiche Einrichtung die Veranlassung, auch sie in die Besprechungen der speciellen Technologie aufzunehmen; um so mehr, da in den sonstigen technischen Wissenschaften kaum sich Gelegenheit finden dürfte, die innere Einrichtung derselben zu erörtern. Hat doch in Rücksicht auf die Wichtigkeit der Schlösser ein ganzes vielverzweigtes Handwerk — die Schlosserei — den Namen von dem Fabrikate entlehnt und beibehalten, obschon in jetziger Zeit die Anfertigung und Reparatur der Schlösser eine ziemlich untergeordnete Rolle in den Schlosserwerkstätten führt und mancher sogenannte Maschinenschlosser nicht einmal im Stande ist, ein brauchbares Schloss selbstständig zu fertigen.

Das Schloss — in seiner einfachsten Einrichtung nur ein Mittel gegen selbstthätiges Aufschlagen einer Thür — soll in seinen weniger einfachen Formen als Schutzmittel gegen Eröffnen durch jeden Unbefugten dienen; und somit bildet die Einrichtung desselben gewissermaassen einen Gegenstand des Wettkampfs zwischen dem Scharfsinne des Verfertigers und demjenigen der Diebe. Je grösser die Geschicklichkeit der letzteren ist, desto complicirter muss die Einrichtung des Schlosses sein, wenn es seinen Zweck erfüllen soll.

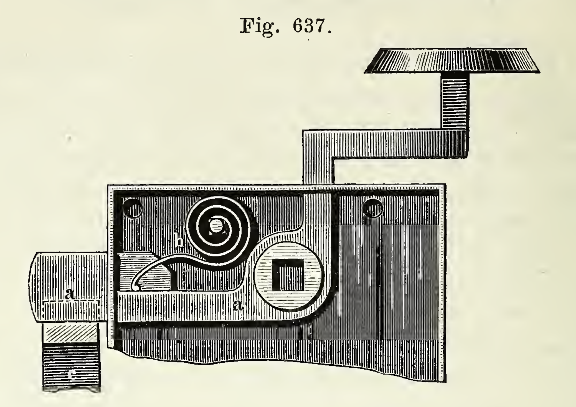
Man kann im Wesentlichen drei Hauptgattungen von Verschlüssen unterscheiden.

1. Der Fallenverschluss, für Thürschlösser, besonders für Stuben- und Hausthüren gebräuchlich, welche im Laufe des Tages häufig geöffnet und geschlossen werden, soll das durch Zugwind oder sonstige Vorkommnisse eintretende selbstthätige Oeffnen der Thür verhindern, ist aber für einen Jeden zugänglich und bietet daher kein Schutzmittel gegen unbefugtes Oeffnen. In den meisten Fällen und stets dann, wenn letzteres verhindert werden soll, ist deshalb der für den Gebrauch bequeme Fallenverschluss durch einen der unten zu besprechenden Verschlüsse ergänzt.

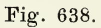
Die „hebende Falle“, welche bei gewöhnlichen Thüren am häufigsten ist, besteht aus einem Hebel *a*, Fig. 637 (a. f. S.), durch eine Feder *b* niedergedrückt und in dieser Lage sich hinter den zahnartigen Vorsprung des am Thürrahmen befestigten „Schliessklobens“ *c* legend, wodurch die Thür geschlossen ist; dagegen durch einen Druck auf den im Drehungspunkte eingesteckten oder befestigten „Drücker“ von bekannter Einrichtung zu öffnen.

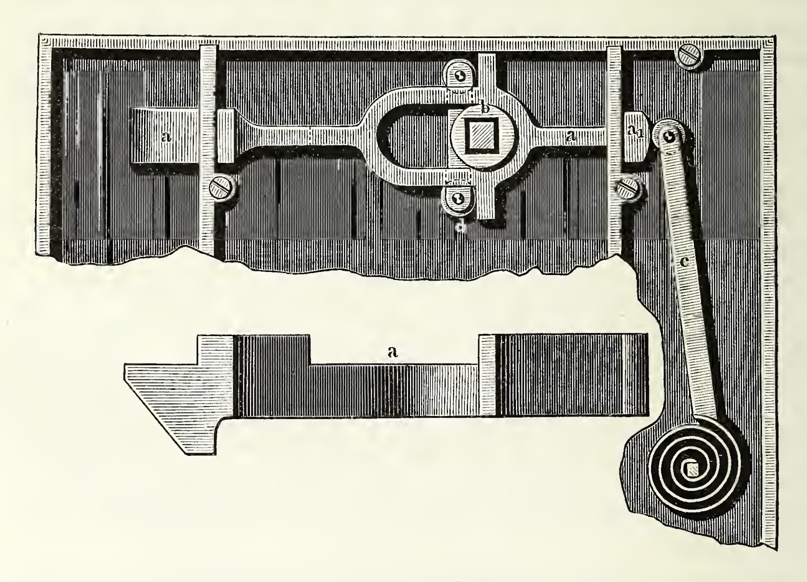
Die „schiessende Falle", Fig. 638, gebräuchlich an Stuben- und Vorsaalthüren eleganterer Einrichtung, besteht aus einem in horizontaler

Fig. 637.




Richtung bewegten Riegel *a*, an zwei Stellen des Schlosskastens geführt und in der Mitte gabelförmig geschlitzt, um die „Nuss" *b*, welche zur


Fig. 638.




Befestigung des Griffs dient, hindurchstecken zu können. An dem hintern Ende des Riegels befindet sich der kleine Kopf $a_1$, gegen welchen die Feder *c* drückt, den Riegel in diejenige Stellung vorschiebend, bei welcher die Thür geschlossen ist. Die Nuss *b* trägt einen kleinen Doppelhebel *d*, dessen beide Schenkel innerhalb eines entsprechenden, im Grundrisse des Riegels *a* ersichtlichen Ausschnitts desselben spielen und sich

mit zwei Röllchen gegen vorspringende Nasen des Riegels legen. Bei jeder Drehung der Nuss durch den Thürgriff sowohl nach rechts oder links wird demnach die Falle zurückgeschoben werden und die Thür sich öffnen lassen, aber sofort in ihre frühere Stellung zurückkehren, wenn die Hand den Griff loslässt.

Giebt man der Nuss statt des doppelten Hebels einen einarmigen, wodurch die Construction sich vereinfacht, so wird die Thür nur bei Drehung des Handgriffs in einer Richtung geöffnet.

2. Der Nachtriegelverschluss, aus einem von innen vorgeschobenen Riegel bestehend, so dass ein Oeffnen von aussen nur möglich ist, wenn das Schloss oder die Thür soweit durchbrochen wird, dass man zum Riegel gelangen kann. Die einfache Einrichtung desselben ist zu bekannt, als dass sie weiterer Besprechung bedürfte.

3. Der Riegelverschluss mit Schlüssel. Die Einrichtung dieses wichtigsten aller Verschlüsse ging aus dem Bestreben hervor, ein durch einen Riegel innen zugehaltenes Schloss auch von aussen mit Hilfe eines durch eine entsprechende Oeffnung der Thür gesteckten Instruments — des Schlüssels — öffnen zu können, wobei dann zunächst die eigenthümliche Form des Schlüssels ein Oeffnen durch Unbefugte, nicht im Besitze des Schlüssels Befindliche, verhindern sollte.

An dem Schlüssel unterscheidet man den hintern, zum Anfassen befindlichen ringförmigen Theil, „Ring“ oder „Raute“ genannt; den mittleren cylindrischen Theil, welcher entweder massiv oder hohl ist und „Schaft“ oder „Rohr“ heisst; und an dem vordern Ende desselben den beim Oeffnen des Schlosses hebelartig zum Zurückschieben des Riegels dienenden flachen Ansatz, den „Bart“. Die Grenze zwischen der Raute und dem Schafte wird gewöhnlich durch eine ringartige Verzierung gebildet, welche genau die Stelle angiebt, bis zu welcher der Schlüssel ins Schloss gesteckt werden muss und das „Gesenk“ heisst. Ist der Schlüsselschaft massiv, wie bei den meisten jetzt üblichen Schlössern, so wird in dem Schlosse eine rohrartige Hülse als Führung für den Schlüssel angebracht, ist er dagegen hohl, so dient ein Stift oder „Dorn“ im Schlüsselloche für denselben Zweck.

Damit der durch das Schlüsselloch gesteckte Schlüssel den Riegel ergreifen und fortschieben kann, wird der letztere an der dem Schlüsselloche zugekehrten Seite mit einem nasenartigen Ansatze oder einem Einschnitte versehen (vergleiche die unten gegebenen Abbildungen von Riegelschlössern), welcher der „Angriff“ heisst.

Eine einmalige volle Umdrehung des Schlüssels am Schlosse heisst eine „Tour“; je nachdem eine einmalige, zweimalige u. s. w. Umdrehung des Schlüssels erforderlich ist, um den Riegel seinen vollen Weg zurücklegen zu lassen, unterscheidet man eintourige, zweitourige u. s. w. Schlösser.

Zur Unterstützung der einzelnen Theile eines Schlosses dient das „Schlossblech“, welches die ganze eine Seite des Schlosses einnimmt; soll

das Schloss auf der äussern Fläche der zu verschliessenden Thür angebracht werden, so ist ausser dem Schlossbleche noch eine rings herumlaufende Einfassung vorhanden (häufig in einem Stücke mit dem Schlossbleche aus Gusseisen oder Messing gegossen), welche „Umschweif“ genannt wird und mit dem Schlossbleche zusammen den „Schlosskasten“ bildet. Diejenige Seitenwand des Schlosskastens, durch welche der Riegelkopf heraustritt, heisst „Stulp“, „Stulben“ oder „Vorderstrudel“.

Man unterscheidet zwei Hauptarten von Riegelschlössern mit Schlüssel.

Bei dem deutschen Schlosse, welches jetzt nur noch in alten Gebäuden gefunden wird, steht der Riegel genau wie eine schiessende Falle unter dem Drucke einer kräftigen Feder, welche ihn nach vorwärts zu drücken bestrebt ist. Der Schlüsselbart schiebt den Riegel zurück, indem er selbst ungefähr $^5/_8$ Umdrehungen macht, und hält ihn dann fest, indem er in fast horizontaler Richtung sich gegen den Angriff stemmt. Dreht man aber den Schlüssel wieder rückwärts, um ihn aus dem Schlosse zu entfernen, so schiesst natürlich der Riegel wieder vor, wenn man nicht durch eine besondere Sperrung ihn in seiner zurückgeschobenen Lage festhält. Als solche pflegt ein senkrechter Stift oberhalb des Riegels zu dienen, der durch sein Gewicht von selbst in eine Nuth an der Oberkante des Riegels einfällt, sobald derselbe zurückgezogen ist, in jeder andern Stellung aber auf der Oberkante desselben ruht. Durch Empordrücken des Stifts wird der Riegel frei und schnappt zu.

Wie man sieht, hat das deutsche Schloss den grossen Uebelstand, dass ein Jeder, welcher an den Kopf des Riegels gelangen kann, auch im Stande ist, denselben unter Ueberwindung des Federdrucks zurückzuschieben und das Schloss zu öffnen. Daher ist die Sicherheit, welche ein solches Schloss giebt, ziemlich gering.

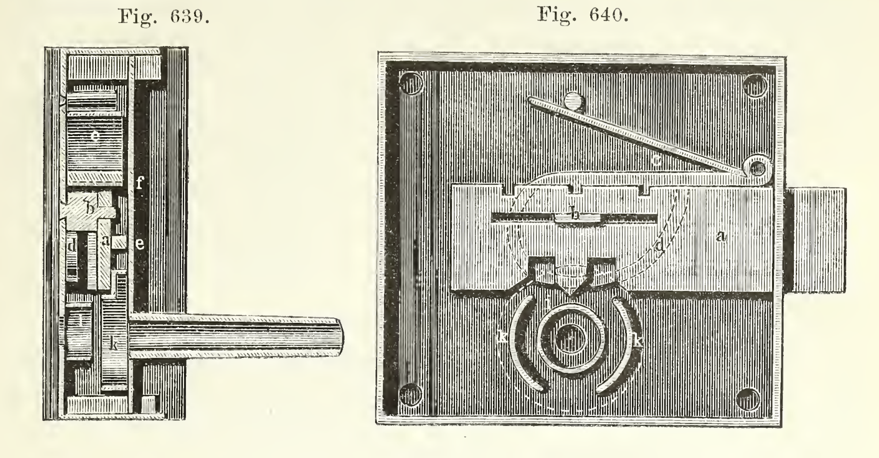
Das französische Schloss[1]). Ein zweitouriges französisches Schloss einfachster Construction ist in Fig. 639 und 640 abgebildet. *a* ist der Riegel, an der untern Seite mit zwei Angriffen für den Schlüssel versehen, von denen der eine bei der ersten, der andere bei der zweiten Drehung erfasst wird (die Stellung des Riegels in Fig. 640 ist diejenige, welche er nach beendigter einmaliger Drehung einnimmt). Der Riegel ist zur Sicherung der geradlinigen Bewegung zweimal geführt; zunächst im Schlitze des Stulbens, dann mit Hilfe des Stifts *b*, welcher am Schlossbleche angenietet ist und in einen Längsschlitz des Riegels hineinragt. Damit aber der Riegel auch vor seitlicher Bewegung geschützt ist (welche ein Herausfallen aus dem Führungsstifte zur Folge haben würde), wird ein Deckblech *f* über das Schloss gelegt und durch Schrauben in angemessener Entfernung von dem Schlossbleche festgehalten, welches mit einer schmalen Leiste oder Warze *e* („Schleppfeder“ genannt) auf die

---

[1]) Dasselbe wurde im vorigen Jahrhundert, angeblich von einem Deutschen, J. G. Freitag in Gera, erfunden.

Seitenfläche des Riegels drückt und dadurch jedes Schwanken desselben unmöglich macht. Den eigentlich charakteristischen Theil des französi-

Fig. 639. Fig. 640.

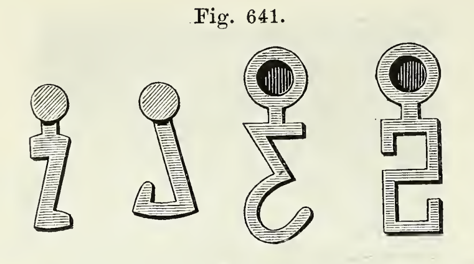



schen Schlosses bildet nun aber die sogenannte „Zuhaltung“, in der Abbildung mit *c* und *d* bezeichnet. *c* ist eine einfache Feder aus Stahl, an der untern Seite mit einem (bisweilen auch zwei) Haken versehen, welcher in einen entsprechenden Einschnitt an der Oberkante des Riegels eingreift. Die Anordnung des letztern ist eine solche, dass der Eingriff des Hakens jedesmal nach einem beendeten einmaligen Vorschube des Riegels (entsprechend einer vollen Umdrehung des Schlüssels) erfolgt; demnach muss der Riegel eines eintourigen Schlosses zwei Einschnitte (zum Einhaken vor und nach der Drehung), ein zweitouriges drei Einschnitte erhalten. Diese Zuhaltung gestattet offenbar eine Verschiebung des Riegels nur dann, wenn man den Haken soweit empordrückt, dass der betreffende Einschnitt frei wird und der Riegel unter der Zuhaltung fortgleiten kann. Damit dieses Empordrücken durch den Schlüssel selbst bei dessen Drehung bewirkt werde, ist der betreffende Schenkel der Feder mit einem bogenförmigen Ansatze *d* — „Zuhaltungslappen“ genannt — versehen, welcher neben dem Riegel soweit hinabgeht, dass er von dem Schlüsselbarte ergriffen und emporgedrückt werden muss, ehe derselbe den Riegel erfassen kann. Wird der Schlüssel nun weiter gedreht und dadurch der Riegel in Bewegung gesetzt, so gleitet der Zuhaltungshaken auf der Oberkante des Riegels und schnappt sofort wieder ein, wenn eine volle Tour des Riegels beendet ist.

Ein solches französisches Schloss lässt sich demnach, wenn man nicht im Besitze eines passenden Schlüssels ist, nur mit Gewalt durch Absprengen des Zuhaltungshakens öffnen; dagegen wird, wenn man nicht besondere Vorkehrungen anwendet, jeder in das Schlüsselloch passende Schlüssel von der richtigen Barthöhe zum Oeffnen des Schlosses brauchbar sein.

Ein ziemlich häufig angewendetes Mittel, die Benutzung eines falschen Schlüssels zu erschweren, ist eine gekröpfte oder geschweifte Form des Schlüsselbartes (z. B. wie in Fig. 641); feilt man nun das Schlüsselloch genau entsprechend der Bartform aus, so lässt es nur den passenden Schlüssel hinein. Grosse Sicherheit gegen Diebe wird jedoch nicht hierdurch erreicht, weil sich das Schlüsselloch mit einer Feile ohne grosse Schwierigkeit so erweitern lässt, dass auch andere Schlüssel Eingang finden.

Fig. 641.



Aehnlich der Anwendung eines geschweiften Schlüsselbarts, immerhin aber das Einbringen fremder Werkzeuge mehr erschwerend, wirkt die Anwendung eines Schlüssels mit hohlem, geschweiftem Rohre (kleeblattförmig, sternförmig und dergleichen) und eines genau dazu passenden Dorns im Schlosse, welcher natürlich sich mit dem Schlüssel drehen muss. Bisweilen umgiebt man den Dorn noch ausserdem mit einer drehbaren Hülse, welche den Schlüssel auch von aussen umschliesst; leider macht die Kostspieligkeit einer solchen Einrichtung sie für gewöhnliche Schlösser nicht anwendbar.

Eine andere Vorkehrung gegen die Anwendung falscher Schlüssel, welche bei den meisten Schlössern Anwendung findet, ist die Anbringung kreisförmiger Bleche im Innern des Schlosses, welche bei der Drehung des Schlüssels in entsprechende Einschnitte desselben eingreifen, so dass die Drehung jedes andern Schlüssels innerhalb des Schlosses, welcher nicht genau die gleichen Einschnitte besitzt, unmöglich wird. Man nennt diese Einrichtung „Besatzungen“ (die im Schlosse angebrachten Blechstreifen auch wohl „Eingerichte“) und unterscheidet zwei Arten derselben. Bei der „Mittelbruchbesatzung“ geht ein Schnitt von der dem Schafte parallelen Kante des Schlüsselbarts aus rechtwinklig gegen den Schaft, den Bart in zwei Hälften theilend, während im Schlosse ein kreisringförmiges Blechstück diesem Einschnitte entspricht. Häufig werden von diesem Mittelbruch aus noch feinere Einschnitte in die beiden Hälften des Barts geführt, wie es Fig. 642 darstellt, die dann wieder durch Blechstreifen, auf jenem Blechringe befestigt, ergänzt werden müssen. Sind eine Anzahl Schlösser, z. B. bei sämmtlichen Stubenthüren eines Wohnhauses, mit Schlüsseln von gleicher Grösse,

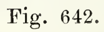
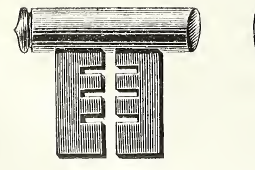
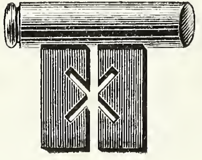


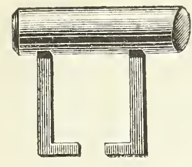
Fig. 642.





aber verschieden geformten Mittelbruchbesatzungen versehen, so gewährt eine solche Einrichtung die Bequemlichkeit, dass man mit einem einzigen Schlüssel von der Form wie in Fig. 643, einem sogenannten „Hauptschlüssel“, sämmtliche Thüren öffnen kann, während jeder einzelne regelrecht geformte Schlüssel nur das ihm zugehörige Schloss zu öffnen im Stande ist; eben dieser Umstand aber verringert erheblich die Sicherheit, welche die Mittelbruchbesatzungen gegen unbefugtes Oeffnen gewähren.

Fig. 643.



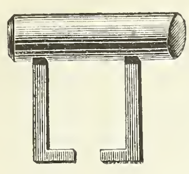


Fig. 644.

Giebt man dagegen dem Schlüssel Einschnitte, welche von den Seitenkanten ausgehen (Fig. 644) und dem Schlüsselschafte parallel laufen, denen also reifenförmig gebogene und an dem Schlossbleche, beziehentlich der Deckplatte befestigte Blechstreifen im Innern des Schlosses entsprechen, so heisst die Besatzung „Reifbesatzung“. In Fig. 639 und 640 ist *i* ein solcher am Schlossbleche, *k* ein an der Deckplatte befestigter Reifen. Dieselben geben eine grössere Sicherheit als die Mittelbruchbesatzung, besonders wenn von beiden Seiten her Einschnitte vorhanden sind, welche etwas über die Mitte des Barts hinüberreichen.

Nicht selten kommen auch beide Arten von Besatzungen in einem und demselben Schlosse vor; und je künstlicher und verzweigter sie angeordnet sind, desto schwieriger ist es natürlich, das Schloss mit einem fremden Instrumente zu öffnen, desto grösser sind aber auch die Anfertigungskosten des Schlosses. Uebrigens kommt es auch vor, dass bei gekauften Schlössern die Schlüssel, um Vertrauen zu erwecken, mit vielseitig verzweigten Einschnitten versehen sind, während das Schloss selbst von den Eingerichten Nichts oder nur wenige Theile enthält [1]). Verstreicht man zur Prüfung eines neuen Schlosses die Einschnitte des Schlüssels mit Talg, so müssen dieselben nach einmaliger Umdrehung des Schlüssels im Schlosse natürlich vollständig vom Talge befreit sein, wenn alle Eingerichte vorhanden sind.

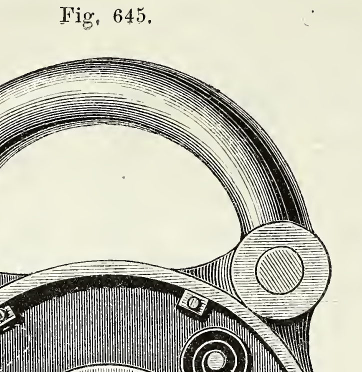
Es wurde schon erwähnt, dass häufig — und zwar bei den meisten Stuben- und Hausthürschlössern — sich alle drei besprochenen Verschlüsse in einem und demselben Schlosskasten vereinigt finden: der Fallenverschluss zu oberst, der Riegelverschluss darunter und zu unterst ein Nachtriegelverschluss.

Vorhängeschlösser sind im Wesentlichen nach denselben Grundsätzen gebaut als das oben abgebildete und beschriebene französische Thürschloss; der Riegel bewegt sich bei denselben aber meistens nicht geradlinig, sondern im Kreise, wodurch eine abweichende Form desselben nöthig wird. Fig. 645 (a. f. S.) stellt das Innere eines zweitourigen

[1]) Dingler's polyt. Journal, Bd. 151, S. 340.

Vorhängeschlosses dar [1]). *a* ist der gekrümmte Riegelkopf an dem „Radriegel“ *b*; *c* ist die Zuhaltung, durch die Feder *d* gegen das Stück *b* gedrückt. Es ist leicht ersichtlich, wie beim Angriffe des Schlüssels zuerst die Zuhaltung gehoben, dann der Riegel nach links oder rechts gedreht wird. Indem derselbe in die Oese des Bügels *e* einfasst, wird der Verschluss bewirkt.

Fig. 645.




Wenn die bisher geschilderten Einrichtungen der Schlösser im Stande sind, das Oeffnen durch einen Unberufenen zu erschweren, je nachdem ihre Einrichtung, insbesondere auch die Anordnung der Besatzungen mehr oder weniger verwickelt ist, so vermögen sie doch nicht, einem erfahrnen, mit Sperrzeug (Dietrichen und Hauptschlüsseln) ausgerüsteten Diebe längere Zeit zu widerstehen; auch geben sie dem Sachverständigen immerhin die Möglichkeit, mit Hilfe von Wachsabdrücken einen passenden Nachschlüssel zu unredlichem Gebrauche zu fertigen. Für wichtige Verschlüsse, z. B. von Geldschränken, stattet man deshalb das Schloss mit noch anderen solchen Einrichtungen aus, welche ein Oeffnen des Schlosses ohne den passenden Schlüssel auch dem geübten Kenner schlimmsten Falls nur nach einer so langen beharrlichen Thätigkeit möglich machen würden, dass ein Unbeachtetbleiben dieser Thätigkeit ausser allen Grenzen der Wahrscheinlichkeit bleibt. Diese Schlösser nennt man Sicherheits- oder Combinationsschlösser. Ausser einigen unten zu erwähnenden nebensächlichen Einrichtungen zur Erschwerung des Oeffnens pflegt die charakteristische Eigenthümlichkeit dieser Sicherheitsschlösser in der Anwendung mehrerer, nur durch einen besonders geformten Schlüssel zu öffnender Zuhaltungen zu beruhen, die erst sämmtlich geöffnet werden müssen, ehe der Riegel verschoben werden kann. Die üblichsten und

[1]) Aus Fink, Die Schule des Bauschlossers, Leipzig. 1859, S. 218.

bekanntesten solcher Schlösser sind das Chubbschloss und das Bramahschloss.

Ein Chubbschloss (von dem Engländer Chubb im Anfange dieses Jahrhunderts erfunden) ist in den Figuren 646 bis 648 abgebildet [1];

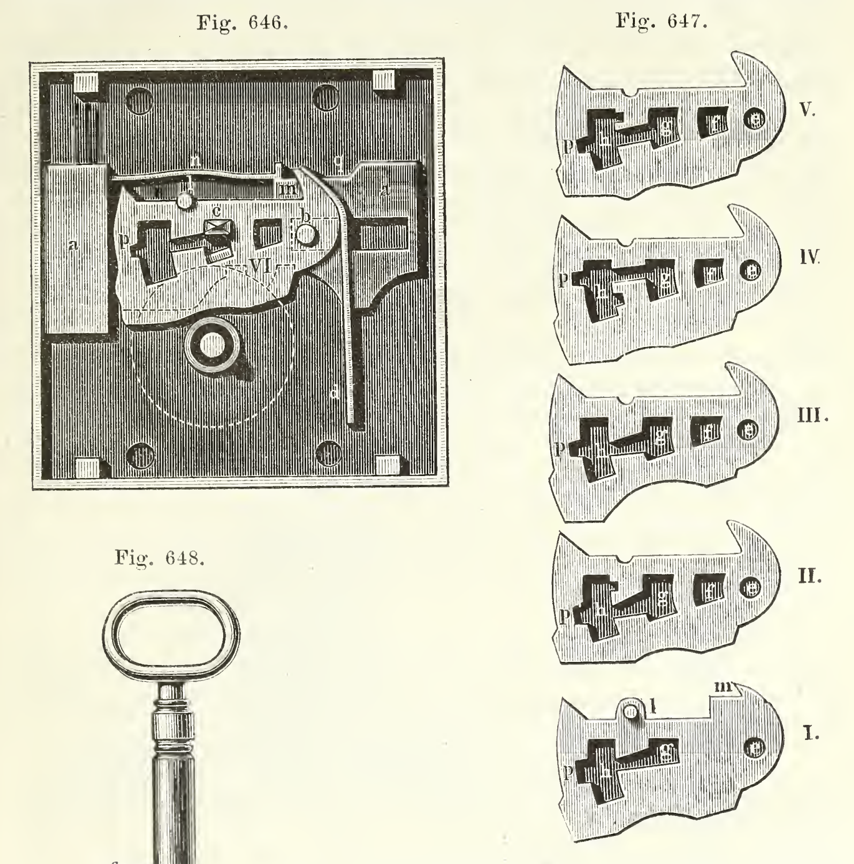



Fig. 646. Fig. 647.

Fig. 648.

und zwar stellt Fig. 646 die innere Ansicht des Schlosses, Fig. 647 die einzelnen Zuhaltungen mit Ausnahme der obersten, welche in Fig. 646 sichtbar ist, dar, und Fig. 648 ist die Ansicht des Schlüssels. Das Chubbschloss pflegt 5 bis 7 Zuhaltungen zu besitzen, das abgebildete hat deren 6, mit I, II u. s. w. bezeichnet. Der eintourige Riegel *a* ist einestheils in dem Stulben des Schlosskastens an der linken Seite, anderntheils mit dem in Fig. 646 theilweise sichtbaren Schlitze auf dem Stifte *b* geführt, welcher auf dem Schlossbleche festsitzt. Dieser Stift dient zugleich als Drehungsachse für sämmtliche Zuhaltungen, welche mittelst der Löcher *ee* auf denselben

---

[1]) Fink, op. cit. S. 223.

derartig gesteckt sind, dass Nro. I unten auf dem Riegel und Nro. VI oben zu liegen kommt. *d* ist eine Feder aus Stahlblech, in 6 Theile gespalten, deren jeder von oben auf eine der Zuhaltungen drückt, so dass diese dadurch sämmtlich das Bestreben erhalten, abwärts zu gehen. Auf dem Riegel befindet sich nun der Stift *c*, während die Zuhaltungen mit entsprechenden durch einen Querschlitz verbundenen Oeffnungen *g* und *h* ausgestattet sind, durch welche der Stift hindurchragt (die Oeffnung *f* hat keinen besondern Zweck). Bei vorgeschobenem Riegel befindet sich der Stift in den Oeffnungen *hh*.., bei zurückgeschobenem Riegel, also geöffnetem Schlosse (wie in Fig. 646) in den Oeffnungen *gg*... Damit also der Riegel vor- oder zurückgeschoben werden kann, ist es erforderlich, sämmtliche 6 Zuhaltungen gleichzeitig so zu heben, dass der Stift in das Niveau der 6 Schlitze eintritt, welche die Oeffnungen *h* und *g* verbinden; wird hierbei nur eine der Zuhaltungen unbedeutend zu viel oder zu wenig gehoben, so kann der Stift nicht aus seiner Oeffnung heraustreten und die Bewegung des Riegels ist unmöglich. Da nun aber die Unterkanten der Zuhaltungen verschieden geformt sind, bei der einen höher, bei der andern tiefer stehen, so ist dieses gleichzeitige genaue Anheben nur durch einen Schlüssel möglich, dessen Form genau derjenigen aller einzelnen Zuhaltungen angepasst ist. Gerade in dieser Combination vieler Zuhaltungen beruht die Sicherheit des Schlosses. Bei dem abgebildeten Schlüssel bewegen die Absätze 1, 2, 3 u. s. f. die entsprechenden Zuhaltungen I, II, III u. s. f., der vordere mit *c* bezeichnete Theil den Riegel.

Liegt der Verdacht vor, dass ein Unberufener sich einen Nachschlüssel verschafft haben sollte, so braucht man nur die Zuhaltungen zu wechseln und den Schlüssel entsprechend zu ändern, um jedes Oeffnen durch einen fremden Schlüssel unmöglich zu machen.

Das Chubbschloss enthält ausserdem noch eine Einrichtung — Detector genannt —, welche sofort erkennen lässt, wenn der Versuch, das Schloss mit Sperrzeugen zu öffnen, gemacht sein sollte. Zu diesem Zwecke ist auf dem Schlossbleche die Feder *n* mit ihrem linken Ende festgenietet, wahrend sie auf der rechten Seite in einen kleinen Haken endigt, welcher auf dem Vorsprunge *m* der Zuhaltung I ein wenig aufruht und auch auf demselben liegen bleibt, wenn die Zuhaltung durch den passenden Schlüssel auf ihre richtige Höhe gehoben wird. Sobald aber die Zuhaltung I durch einen falschen Schlüssel oder Dietrich nur um ein Geringes zu hoch gehoben wird, so gleitet das Häkchen vor dem Vorsprunge herab und hält dadurch die Zuhaltung I in der zu hohen Stellung fest, so dass eine Bewegung des Riegels nicht mehr möglich ist. Damit nun auch bei jeder der übrigen Zuhaltungen ein zu hohes Anheben in derselben Weise erkennbar werde, ist die Zuhaltung I mit einem Stifte *l* versehen, welcher die Oberkante aller übrigen leicht berührt. Hebt sich also eine derselben über den normalen Rand, so drückt sie den Stift *l* und somit auch die Zuhaltung I empor und der Detector

schnappt, wie vorhin beschrieben wurde, ein. Nun wird es bei jedem Versuche, das Schloss mit einem andern Werkzeuge als dem passenden Schlüssel zu öffnen, unvermeidlich sein, dass wenigstens eine der Zuhaltungen einmal zu hoch emporgedrückt wird, worauf dann sofort der geschilderte Vorgang sich vollzieht. Will nunmehr der Eigenthümer das Schloss öffnen, so dreht er zunächst den Schlüssel nach der verkehrten Richtung; die Zuhaltungen heben sich und der Riegel tritt noch ein wenig mehr aus dem Schlosse heraus, wobei der Riegelstift *c* den nöthigen Spielraum in den kurzen Schlitzen *pp*.. der Zuhaltungen findet. Bei diesem Vorschube des Riegels rückt aber die schiefe Ebene *q* an der obern Kante desselben unter den Haken der Feder *n* und drückt diesen empor; die Zuhaltung I wird jetzt also frei, nimmt dadurch ihre normale Lage wieder an und bei nunmehriger Drehung des Schlüssels in der andern Richtung wird wie gewöhnlich die Zurückbewegung des Riegels und Oeffnung des Schlosses erfolgen.

Das Bramahschloss. Dasselbe wurde in den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts, also etwas früher als das Chubbschloss, erfunden. In den Figuren 649 bis 651 ist ein solches Schloss, d. h. der zur Bewe-

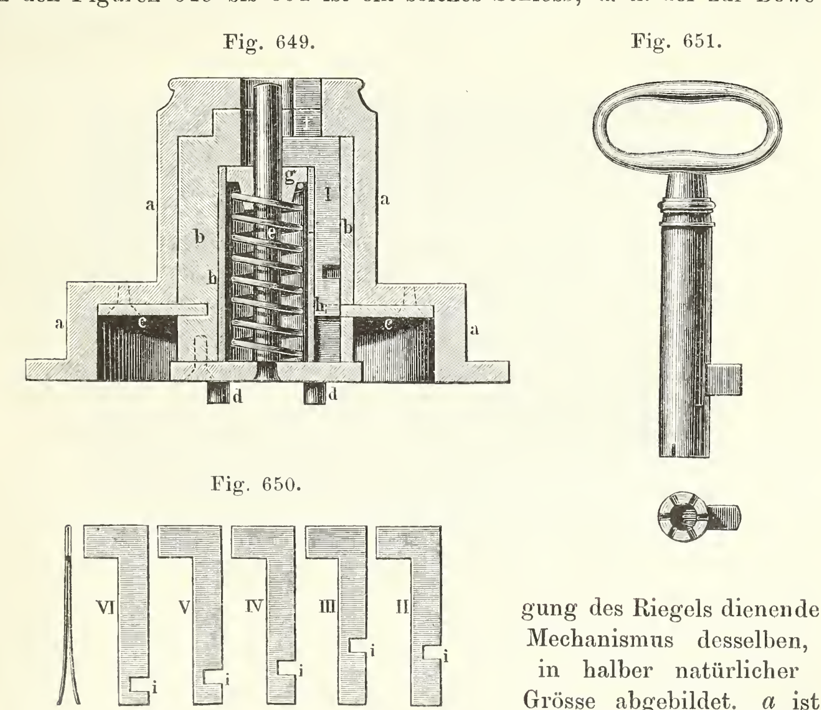



Fig. 649. Fig. 650. Fig. 651.

gung des Riegels dienende Mechanismus desselben, in halber natürlicher Grösse abgebildet. *a* ist ein Gehäuse aus Messing, welches in die zu verschliessende Thür eingelassen wird, so dass von aussen nur die schmale Stirnfläche sichtbar bleibt. In diesem Gehäuse ist der hohle Cylinder *b* drehbar eingelassen und wird durch die stäh-

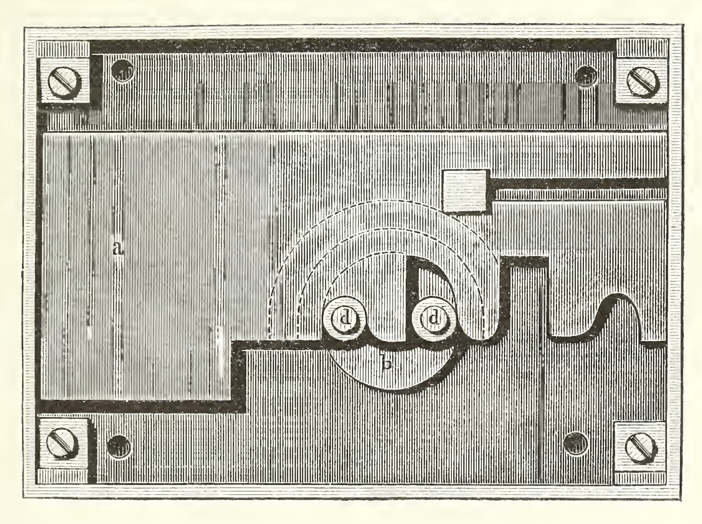
lerne Scheibe *c* festgehalten, welche durch Schrauben mit *a* fest verbunden ist und in eine herumlaufende Nuth von *b* eingreift. Ausser dieser peripherischen Nuth enthält *b* eine Anzahl — bei dem abgebildeten Schlosse sechs — der Achse parallele Längsnuthen, zur Aufnahme ebenso vieler Zuhaltungen dienend, welche, von der innern Wandfläche des Cylinders ausgehend, sich radial nach aussen so weit ausdehnen, dass sie noch über den innern Rand der Scheibe *c* hinaustreten, während letztere an den Durchschnittsstellen mit entsprechenden Einkerbungen versehen ist, um die Nuthen nicht zu unterbrechen. In diesen radialen Nuthen stecken nun die Zuhaltungen, aus einem zusammengebogenen etwas federnden Stahlstreifen gebildet (vergleiche die Vorderansicht einer Zuhaltung in Fig. 650), so dass sie in den Nuthen sich zwar verschieben lassen, aber nicht von selbst hinabrutschen können. Die eine der Zuhaltungen (Nro. I) ist in Fig. 649 sichtbar, die übrigen sind in Fig. 650 einzeln abgebildet. Sie ruhen sämmtlich mit ihrem obern, winkelförmig gestalteten Ende auf dem Schieber *g*, welcher innerhalb des Cylinders *b* sich auf dem Schlüsseldorne *e* auf und nieder bewegen lässt, in der Ruhe aber durch eine Spiralfeder soweit nach der Richtung des Schlüssellochs zu gedrückt wird, als es der innere Querschnitt von *b* gestattet. Zur besseren Führung der Zuhaltungen ist in dem Cylinder *b* das Futterrohr *k* eingelassen, welches nur von oben her so weit geschlitzt ist, um eine Abwärtsbewegung der auf *g* ruhenden Zuhaltungsköpfe zu ermöglichen. Die Länge sämmtlicher Zuhaltungen ist übereinstimmend eine solche, dass sie auch in dem höchsten Stande von *g* bis an die Unterkante des Rings *c* hinabreichen, wie sich aus Fig. 649 ergiebt; dadurch verhindern sie aber in dieser Stellung natürlich die Drehung des Cylinders *b*. Dieselbe wird möglich, wenn sämmtliche Zuhaltungen so weit nach unten geschoben werden, dass der kleine Einschnitt *i* an der Rückseite der Zuhaltungen sich in genau gleicher Höhe mit dem Ringe *c* befindet und demnach bei der Drehung von *b* über den Ring hinweggreifen kann. Wie man sieht, ist aber dieser Einschnitt bei sämmtlichen Zuhaltungen in verschiedener Höhe angeordnet, so dass auch eine jede derselben um eine andere Länge als die andere verschoben werden muss, wenn die Drehung möglich werden soll. Zu diesem Ende ist der Schlüssel, wie sich aus dessen Abbildung in Fig. 651 ergiebt, mit Längsschlitzen verschiedener Länge in der Wand des hohlen Schafts versehen, deren jeder einer der Zuhaltungen entspricht. Ausserdem trägt der Schlüssel einen kleinen Bart in einem solchen Abstande vom Ende, dass, wenn sämmtliche Zuhaltungen in die zum Oeffnen des Schlosses geeignete Stellung zurückgeschoben sind, sich derselbe in dem zu seiner Aufnahme ausgesparten Schlitze *f* in dem Kopfstücke des Drehstücks *b* befindet und mithin bei seiner Drehung den Cylinder *b* sowie sämmtliche Zuhaltungen mitnimmt.

Der Vorgang beim Oeffnen und Schliessen ist also zunächst folgender. Durch den in das Schlüsselloch gesteckten Schlüssel wird der Schieber

*g* einwärts gedrückt und die Zuhaltungen treten — vorläufig in ihren Stellungen verharrend — in die Schlitze des Schlüsselrohrs. Bei weiterm Eindringen des Schlüssels werden dieselben aber ebenfalls einwärts geschoben, die eine mehr, die andere weniger, je nachdem der Schlitz des Schlüsselrohrs kürzer oder länger ist. Ist der Schlüssel soweit vorgerückt, dass sein Bart sich innerhalb der Aussparung des Cylinders *b* befindet, so haben sämmtliche Zuhaltungen eine solche Stellung eingenommen, dass Drehung erfolgen kann; man lässt jetzt den Schlüssel und mit ihm den Cylinder *b* eine volle Umdrehung machen (welche in der sogleich zu erörternden Art und Weise den Vor- oder Rückschub des in Fig. 649 nicht sichtbaren Schlossriegels zur Folge hat), so dass er wieder in die Anfangsstellung zurückkehrt, und lässt ihn dann los. Die Feder hinter *g* wirft den Schlüssel aus dem Schlosse heraus und drückt die Zuhaltungen empor, wodurch also eine fernere Drehung ohne den passenden Schlüssel unmöglich gemacht ist.

Zur Uebertragung und Umwandlung dieser Drehungsbewegung des Cylinders *b* in eine geradlinige des Riegels sind nun an dem hintern Ende von *b* ein oder zwei zapfenartige Ansätze *dd*, Fig. 652, angebracht,

Fig. 652.




welche in entsprechende Zähne des Schlossriegels eingreifen und denselben ebenso schieben wie der Schlüsselbart eines gewöhnlichen Schlosses den Angriff des Riegels. In Fig. 652 ist eine solche Anordnung abgebildet. *a* ist der Schlossriegel, *b* die untere Platte des Drehcylinders im Schlosse, *dd* die betreffenden Zapfen.

Andere Sicherheitsvorrichtungen, welche man häufig, theils in Verbindung mit einem Combinationsschlosse, theils für sich allein antrifft,

sind die sogenannten „Vexiere“, d. h. gewisse, nur dem Eigenthümer bekannte Vorkehrungen, ohne deren Kenntniss man auch mit dem passenden Schlüssel das Schloss nicht zu öffnen vermag. Hierher gehört z. B. ein „Vorgesperre“, d. h. ein Deckel über dem Schlüsselloche, welcher erst durch einen zweiten Schlüssel oder auch durch Verschiebung gewisser Theile entfernt werden muss, ehe das Schlüsselloch frei wird; ferner besondere Kunstgriffe in der Handhabung des Schlüssels u. s. w. Alle diese Vexiere sind jedoch bedeutend unzuverlässiger als ein gut gebautes Combinationsschloss.

Die Anfertigung der Schlösser bietet, wie schon Eingangs erwähnt wurde, wenig Bemerkenswerthes. In früherer Zeit geschah die Anfertigung lediglich durch Handarbeit, indem der Schlosser sich die einzelnen Theile schmiedete, mit Meissel und Feile passend machte und dann durch Nieten oder Schrauben verband. Diese Methode ist jetzt selten geworden. Man stellt die einzelnen Bestandtheile der Schlösser fabrikmässig mit Hilfe geeigneter Werkzeugmaschinen dar und setzt sie entweder ebenfalls fabrikmässig zusammen — eine Anfertigungsmethode, bei welcher die am wenigsten zuverlässigen Schlösser entstehen — oder man liefert sie in der rohen Form an den Schlosser, welcher sie weiter verarbeitet. Zu diesen letzteren Gegenständen gehören hauptsächlich die Schlüssel. Statt sie, wie früher, von Hand zu schmieden, stösst man sie aus Blech aus, prägt sie dann im Fallwerke oder in einer Presse zwischen Gesenken und giebt ihnen hierdurch eine äussere Form, in welcher sie in den mannigfachsten Grössen in allen Eisenhandlungen zu haben sind. Dem Schlosser bleibt nur noch übrig, mit Hilfe eines kleinen Kreuzmeissels und der Feile die Besatzungen und Schweifungen des Schlüsselbarts nachzuarbeiten und ihn schliesslich abzuschmirgeln.

Schlossbleche, Deckplatten, Riegel und andere Theile werden ebenfalls auf Durchstossmaschinen aus Blechen ausgestossen, ebenso werden bei fabrikmässiger Anfertigung ganzer Schlösser die Schlüssellöcher mit Durchstossmaschinen hergestellt. Vielfach liefert man auch ganze Schlosskasten in Gusseisen, welches leichter eine Ornamentirung des Aeussern ermöglicht als Schmiedeeisen.

Für manche Schlosstheile — Riegel, Fallen, Schlüssel und andere — ist die Anwendung schmiedbaren Gusses (durch Entkohlung schmiedbar gewordenen Gusseisens) nicht selten, um die Vortheile einer Formgebung durch Giessen benutzen zu können.

Schlüssel zu Combinationsschlössern dagegen werden in Rücksicht auf den Umstand, dass schon eine geringe Abnutzung sie unbrauchbar macht, aus Stahl gefertigt und bisweilen gehärtet.

---

## Literatur über Schlösser.

Fink, Schule des Bauschlossers, Leipzig 1859.
König, Grundriss der Schlosserkunst, 5. Auflage, Weimar 1872.
Gräf, Der moderne Schlosser, 3. Auflage, 3. Heft (Abbildungen). Weimar 1870.
Theiner, Die verbesserten Combinationsschlösser. Weimar 1863.
Die Fabrikation der feuer- und diebssicheren Geldschränke. Nach Price von Wieck. Leipzig 1859.

---

# Alphabetisches Sachregister.

## A.

## D.



## E.



## F.

## G.

## H.



## I.



## K.

## L.



## M.



## N.

## O.



## P.



## Q.



## R.

## S.

## T.

## U.



## V.



## W.



## Z.

